KOSMOS

Experimenteerhandleiding

# K O S M O S
# electronic XN 1000

voor de experimenten 1 tot en met 148

Om ongevaarlijk te kunnen experimenteren, is een 9-volt-batterij nodig, die vanwege de beperkte houdbaarheid niet bij de doos meegeleverd wordt. In plaats van de batterij kan de Kosmos-Nettrafo X, bestelnummer 617 813, worden gebruikt.

Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart

# KOSMOS electronic box 1

| Désiqnation | Pièce | Symbole |
|---|---|---|
| Oortelefoon<br>(Multipack 4)<br>**042056** | | EP |
| Zakje 1 met twee druktoetsen en drie schroeven voor de draaicondensator<br>**000148** (Multip.6) | | Ta Ta |
| Diode superrood<br>**000145**<br>Diode groen<br>**002198**<br>(Multipack 4) | | A K A LED K |
| Transistormoduul npn<br>2x<br>(Multipack 4)<br>**043006** | | B C E E C B T E |
| Draaicondensator<br>(Multipack 4)<br>**000143** | | A B C<br>Draaicoaansluitingen op klemveren A, B en C<br>A D G |
| L-Moduul<br>(Multipack 4)<br>**000144** | | 4 3 L 2 6 1<br>4 3 2 6 1 L |
| Zakje draadbruggen<br>10 stuks kort<br>**000282** | | |
| 10 stuks lang<br>**000292** (Multip.6) | | |

| Désignation | Pièce |
|---|---|
| Schakelbord 1<br>(bovenste gedeelte)<br>**070207**<br>en<br>schakelbord<br>(onderste gedeelte)<br>**070407** | |
| Pen 1 met 2 kappen en 1 draaiknop voor de draaicondensator<br>**004012** | |
| Zakje met klemveren<br>33 stuks<br>**000612**<br>(Multipack 6) | |
| 3 stukken draad gebundeld<br>**000151**<br>(Multipack 6) | |
| Batterij-aansluiting<br>**042106**<br>(Multipack 6) | |
| Set contacthulzen<br>6 stuks<br>**004002**<br>(Multipack 6) | |

## electronic multipack 1 000845

| | | |
|---|---|---|
| Weerstanden<br>150 Ω<br>2x 470 Ω<br>1 kΩ<br>5,6 kΩ<br>15 kΩ<br>33 kΩ<br>100 kΩ<br>220 kΩ<br>680 kΩ | | R |
| Condensatoren<br>2x6,8 nF | | C |
| Elektrolytische condensatoren<br>10µF<br>100µF | | + – + C |
| Germaniumdiode | | A K<br>A D Ge K |

Technische wijzigingen voorbehouden !

Indien de reserve-onderdelen ter vervanging van defecte onderdelen niet in de gespecialiseerde zaak verkrijgbaar zijn, kan een bestelformulier daarvoor per bijgevoegde briefkaart worden opgevraagd.

Alleen bestellingen op onze bestelformulieren worden door ons in behandeling genomen.

# Schemasymbolen

kruising van leidingen zonder verbinding

aftakking met geleidende verbinding

kruising van leiding met verbinding

einde van een leiding met klemveer

toets

9-volt-batterij

weerstand

potentiometer (potmeter)

condensator

elektrolytcondensator

LED

diode

npn-transistor

fototransistor

versterkermoduul

HF-transmittor met kern (spoel)

draaicondensator (draaico)

luidspreker (SP=Speaker)

oortelefoon (EP=Earphone)

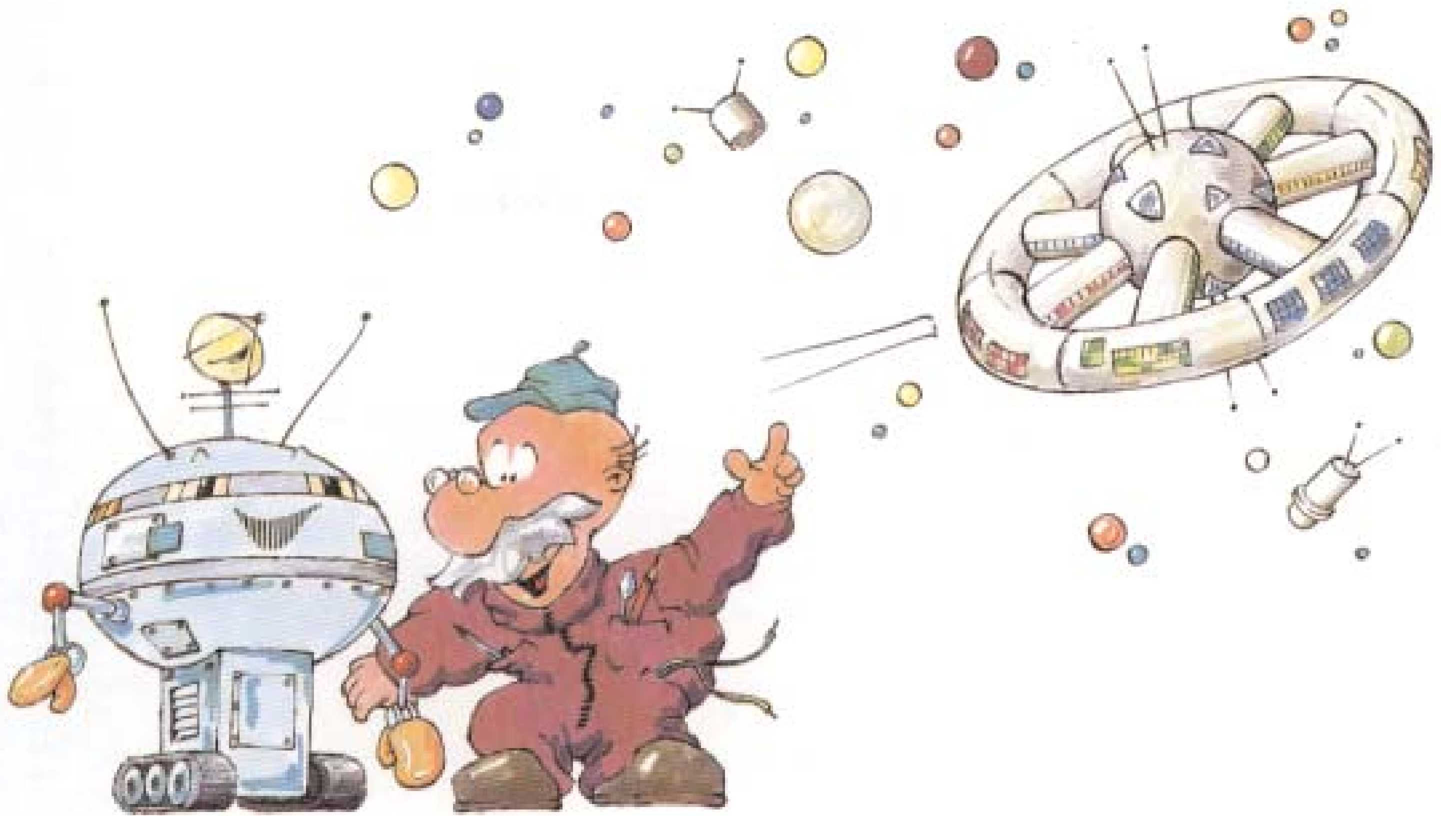
antenne

aarde

# Inhoudsopgave

# Een sympathieke robot wordt ,,geboren"

In de robotfabriek is het bijzonder druk. Vandaag, 21 juli van het jaar 2069 - 't is precies 100 jaar geleden dat de eerste mens zijn voet op de maan gezet heeft - komt de nieuwe serie M-3 van de band. De chef-mecanicien Theo Driedraai onderwerpt de jonge robotgeneratie aan een nauwkeurig onderzoek.
Elke robot krijgt ook meteen een eigen naam. De naam van de eerste begint met A, die van de tweede met B enzovoort. ,,Hallo, kleine vriend, je gaat straks meteen aan de start! zegt hij tegen de robot, die hij zo juist bij de letter R in behandeling heeft. "Je naam is Robert, Robert M-3. Ik vind dat die naam goed bij jou past. Ach ja, voordat ik het vergeet: professor Armstrong, je baas, komt straks persoonlijk om je te halen!" De robot beweegt wat onzeker zijn antennen een paar keer heen en weer en draait zijn hoofd helemaal rond, zoals robots dat doen. Een moeilijke taak wacht op hem.
De reis naar de plaats van bestemming: het gigantische ruimtestation Electronica. ,,Dat is zeker een spannende zaak" vindt Driedraai en draait de schroeven op de afdekplaat van het permanente geheugen vast, ,,de professor wilde perse een robot uit de nieuwe serie hebben, omdat die voorzien is van een gevoeligheidskaart."
Roberts looprollen, waarmee hij heel vlot uit de voeten kan, vragen piepend en knarsend om een druppel olie: ,,nou, en wat moet ik daar boven? Ik heb toch geen idee van elektronika en zulke dingen?" vraagt hij de mecanicien. ,,Daarom ben je een van de robots, die dat kunnen bestuderen. De professor zal je bij een rondleiding alles leren, wat een elektronika-assistent moet weten." ,,Kunt u mij misschien al wat inlichten over het ruimtestation Electronica?" vraagt Robert.
,,Ja, natuurlijk, dat kan", zegt Driedraai en is blij over de belangstelling, die de robot toont, want daaruit kan hij opmaken, dat het nieuwsgierigheids-programma functioneert.
,,Dus luister goed, Electronica draait als een tweede maan om de aarde. Het ruimtestation is weliswaar lang niet zo groot als de maan, maar je kunt het toch wel vergelijken met een grote stad."
,,En hoe ziet dat ding er dan eigenlijk uit?" valt de jonge robot hem in de rede. De chefmecanicien is graag bereid, hem dat uit te leggen: ,,in het midden zit de centrale, van waar het hele ruimtestation wordt georganiseerd. Van dezecentrale uit gaan er net als de spaken in een wiel dikke buizen naar een ring, die even dik is en als verbinding tussen de verschillende afdelingen van de kunstmaan dient. Die afdelingen hebben elk een andere functie."
Robert probeert het te begrijpen, maar toch vindt hij het idee van dat heelal wat vreemd en griezelig. Tenslotte kent hij alleen de werkplaats en weet hij ook nog niets van de wereld af.
Om Robert in de juiste stemming te brengen, vertelt Driedraai vol enthousiasme hoe mooi Electronica is: ,,het ruimtestation hangt glanzend en stralend aan de hemel, door de zon in een fantastisch licht gedompeld. In een van de afdelingen



zie je heerlijk groene weiden, in een andere afdeling schieten raketaandrijfmechnismen vurige komeetstaarten met grote lichtintensiteit af, in een derde sectie genieten vrolijke mensen en vrolijke robots van hun leven."

Enkel al die paar woorden zijn voldoende om een reactie van Roberts gevoeligheidskaart te bereiken. Het zachte zoemen toont de vakman echter aan, dat de jonge robot nog niet helemaal zeker is van zijn zaak.

,,Nou, jongetje, dat krijg je wel te pakken", zegt Driedraai bemoedigend ,,ze kunnen daar boven ook niet toveren. Armstrong zal het je wel van begin af aan leren, daar hoef je niet over te piekeren. Bovendien zal je wel heel gauw merken, dat elektronika echt boeiend is en je het leuk vindt. De vele experimenten, al die interessante toestellen: alarmsystemen en leugendetectors, knipperlicht, gefluit en gepiep van toongeneratoren - nu ja, dat beleef je straks allemaal zelf."

Roberts belangstelling is gewekt. Enthousiast roept hij: ,,oh ja, dat lijkt me wel wat! " Driedraai bevestigt: ,,dat zou ik denken! Tenslotte zijn jullie van de serie M-3 speciaal voor zulke taken geconstrueerd. Jullie kunnen voelen met de gevoeligheidskaart en jullie kunnen leren via een bijzonder gecompliceerd computerprogramma. Ook velen van je broers en zusters worden naar Electronica gestuurd, misschien ontmoet je daar de een of ander."

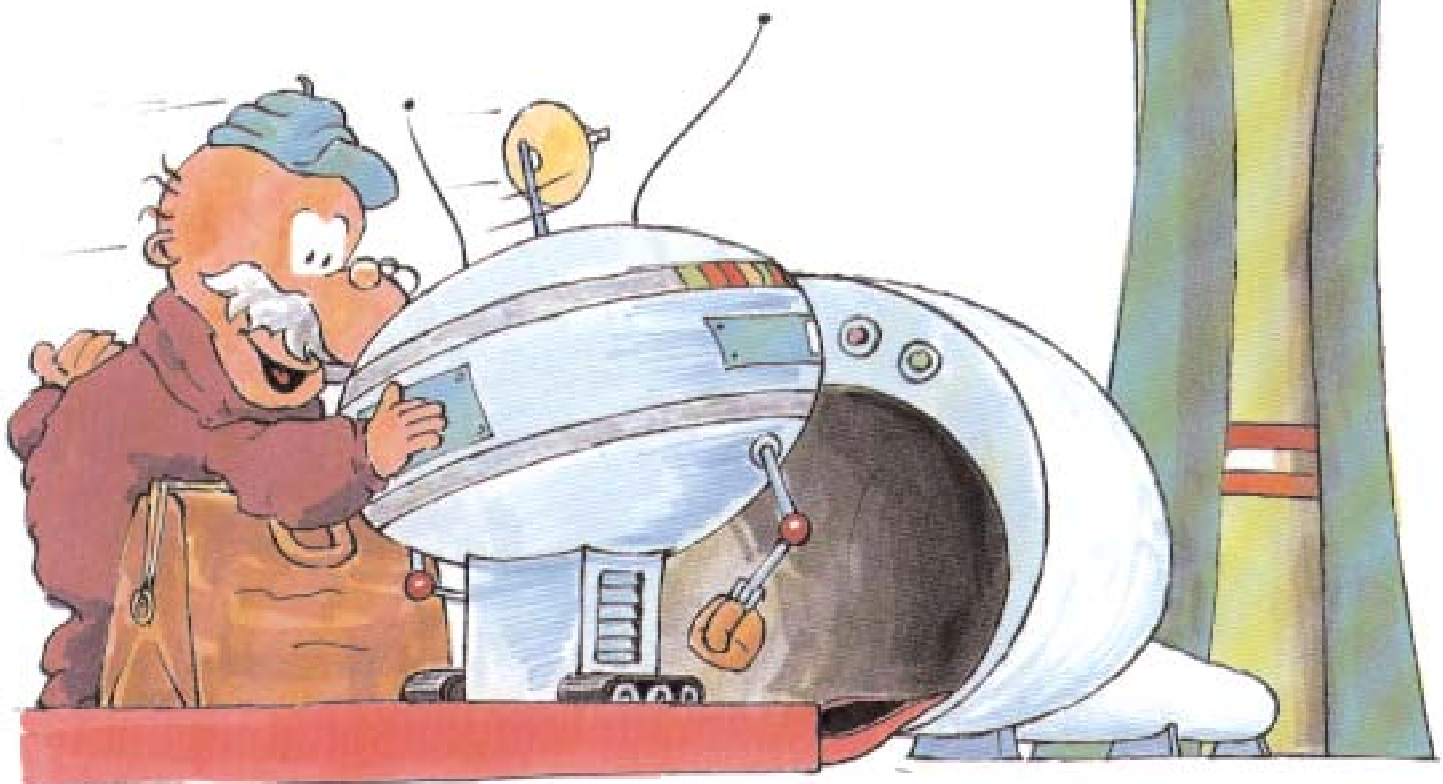
Intussen heeft Driedraai de schakelingen van de robot gecontroleerd met het resultaat dat alles in orde is. Ze rollen naar de uitgang, waar professor Sirius Armstrong, een achter-achter-achter-neef van de eerste maanreiziger, zijn nieuwe assistent reeds verwacht.

,,Hallo Driedraai, ouwe vriend!" begroet hij de mecanicien. ,,Hallo Sirius, hier is je nieuwe assistent. Mag ik even voorstellen: Robert M-3, het beste wat we op het ogenblik aante bieden hebben." Armstrong strijkt zachtjes over de antennen van de jonge robot: ,,Sirius Armstrong, chef van de elektronische afdeling in het ruimte-station Electronica, leuk je te leren kennen, Robert. "

Robert neemt afscheid van zijn technische vader en begeeft zich samen met zijn leermeester op weg naar het ruimteveer, dat hen met een snelheid, die ver boven de geluidsnelheid ligt, naar het ruimtestation Electronica zal brengen. ,,Heb je alveeloverElectronicagehoord?"wilde professor weten. ,,Ja, 't een en ander", zegt Robert via zijn luidsprekerterwijl hij de akoestische sensoren, waarmee hij hoort, naar de professor toe draait.

,,Zeker heeft Driedraai je al veel verteld. Maar je zult straks alles met eigen ogen, dat wil zeggen met je eigen opto-sensoren zien en leren kennen. Meteen na de landing gaan we samen naar de belangrijkste afdelingen van Electronica. Dat vind ik reuze leuk, omdat ik daar zeker veel vrienden uit de oude tijd van de ruimtevaart zal ontmoeten, die ik je dan kan voorstellen."

Armstrong en Robert glijden over de glijrails naar het binnenste van het ruimteveer. ,,Ik en elektronika, nou dat zal me wel wat moois worden", denkt Robert hardop.

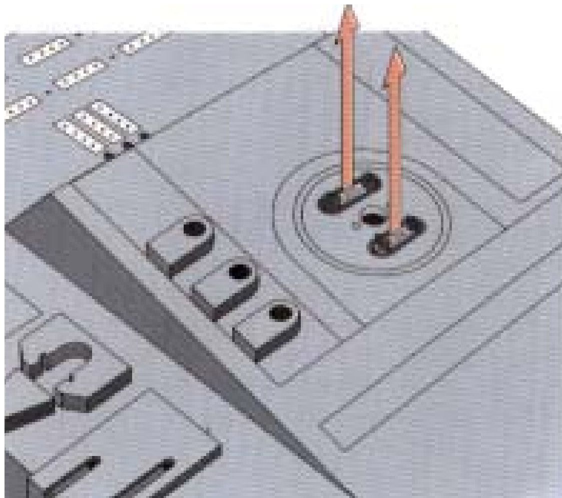


# Zonder schakelbord - geen functie

*Roberts Notitieblok*

*De professor moet weer op een fout wijzen en waarschuwt: ,,LED's zijn geen gloeilampjes! Je mag ze nooit zonder voorgeschakelde weerstand op de batterij of de nettrafo aansluiten. Ze zouden anders heel waarschijnlijk kapot gaan.*

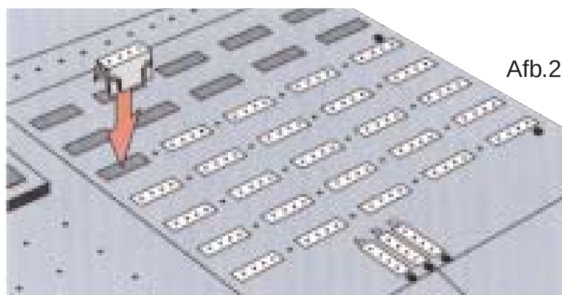
,,We moeten nog op de start wachten. Maar intussen kunnen we alvast ons schakelbord voorbereiden, dat hebben we toch voortdurend nodig " stelt Armstrong voor. M-3 is 't natuurlijk onmiddellijk eens met hem en draait-volgens de aanwijzing van de vakman - de klemmen "LED" en ,,LWL" uit het bovenste gedeelte van het schakelbord los (zie afb. 1) Hij bewaart ze goed op, omdat hij die straks nog erg nodig heeft.



Afb.1




Nog steeds staan de startseinen op rood. ,,Dan kunnen we ook nog even de klemveren vastzetten", spoort Armstrong M-3 aan. Hij toont Robert een schema, dat precies eender is als in afbeelding 2. ,,De tekening toont, in welke vierkante uitsparingen van het bovenste gedeelte van het schakelbord je de klemveren moet steken en welke uitsparingen vrij moeten blijven."

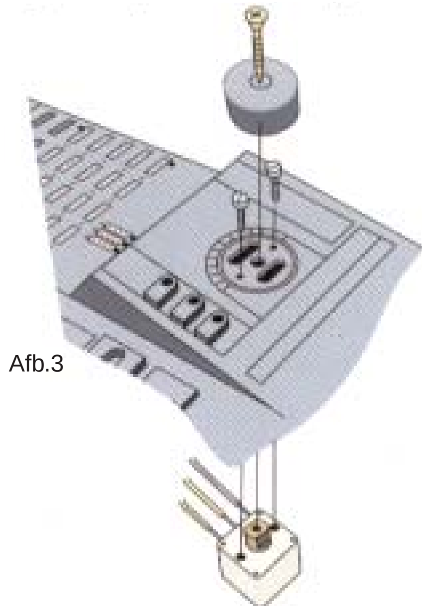


Afb.2

*Roberts notitieblok*

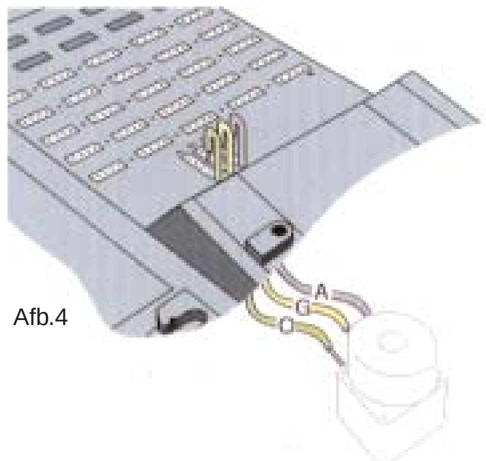
*M-3 noteert een ernstige waarschuwing van de professor: ,,je mag nooit de batterij en de nettrafo tegelijkertijd aansluiten. Er bestaat anders akuut explosiegevaar!*

Met zijn gevoelige grijpvingers drukt M-3 de veren op hun plaats, tot ze hoorbaar vastklikken. Zonder schakelbord - geen functie ,,Waarvoor hebben we die metalen klemmen eigenlijk nodig?" wil de robot weten. ,,Om de elektronische elementen voor onze experimenten goed vast te zetten, zo dat ze met elkaar in contact komen", licht Armstrong toe. Nu verklaart de professor, hoe de draaicondensator, afgekort ,,draaico" - wordt gemonteerd (zie afb. 3): ,,we bevestigen de draaico met de beide korte schroeven in het bovenste gedeelte van het schakelbord. De aansluitingen lopen naar achteren, dus naar de klemveren." Zo gezegd, zo gedaan. ,,Nu zetten we de knop op de as van de draaico" gaat Armstrong door, ,,en draaien die voorzichtig naar links tot aan de aanslag; nu moet de markering op de knop - het korte streepje - ook naar links wijzen. Met de lange schroef schroeven we de knop op de draaico vast." ,,De draaico zit nu wel vast, maar aan het schakelbord is hij nog niet aangesloten", merkt Robert op, die al de elektronika - koorts te pakken



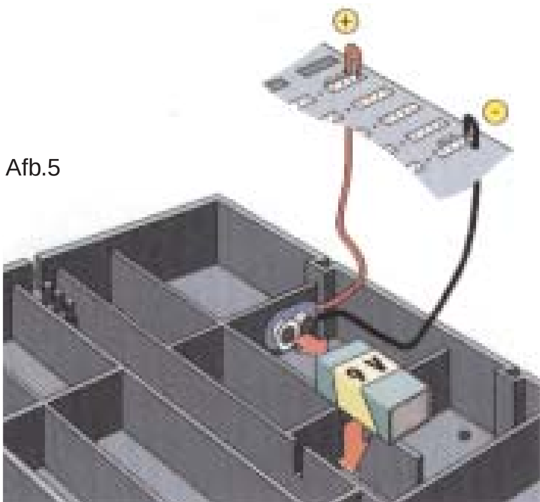
Afb.3

heeft gekregen. ,,Heel goed opgemerkt", vindt de professor, ,,dat gaan we nu doen. We moeten de aansluiting O in de klemveer A, de kabel G in de veer B en de kabel A in de klemveer C vastmaken.



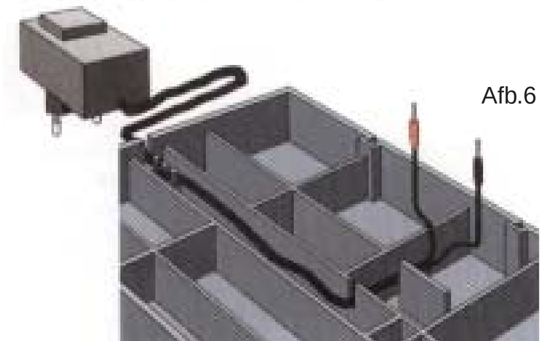

Afb.4

We drukken ze in de kamvormige kabelhouders vast, zo dat ze niet los gaan." De professor geeft verdere instructies: ,,om ons schakelbord met stroom te voeden, moeten we nu de batterijaansluiting monteren, waardoor de batterij met de schakeling wordt verbonden. De rode kabel (+) wordt van onderen door het gat naast de klemveer 404 gestoken en aan die klemveer bevestigd. Afbeelding 5 laat dat nog eens duidelijk zien. De donkere kabel (-) wordt op dezelfde manier met klemveer 804 verbonden. "Aanvullend verklaart hij: ,,voor de nettrafo X wordt de rode kabel met klemveer 404, de donkere kabel met klemveer 804 bevestigd. De tweelingkabel wordt een paar keer om de stift in het onderste gedeelte gewikkeld en door de uitsparing van achteren uit het



Afb.5

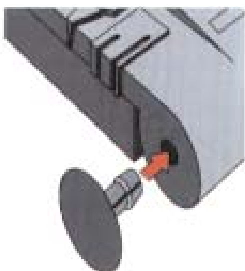
schakelbord getrokken." (afb. 6) ,,Afbeelding 7 laat zien" instrueert de professor zijn assistent, ,,hoe het bovenste en het onderste gedeelte van


Afb.6

het schakelbord in elkaar gezet worden. In afbeelding 8 zie je, hoe je de beide knoppen in het


Afb.7

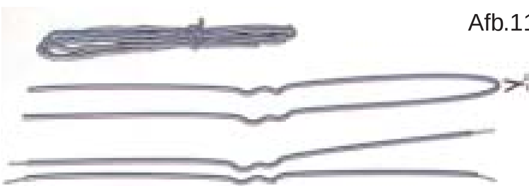
schakelbord moet steken, om beide onderdelen vast met elkaar te verbinden." ,,Is dat schakelbord dan nu eindelijk klaar", vraagt Robert, die langzamerhand wat ongedulldig wordt. ,, In principe


Afb.8

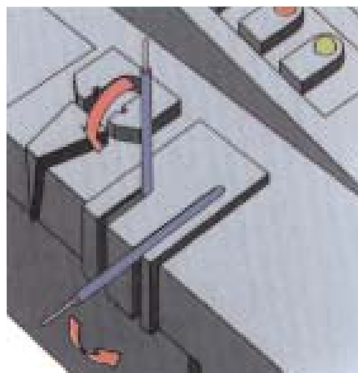
ja", antwoordt Armstrong, ,,maar toch komen er nog een paar onderdelen bij, die we voor de eerste experimenten nog moeten buigen, bijvoorbeeld de LED. Daarvoor buigen we de aansluitingen van de LED zo uit elkaar, dat ze in de uitsparing aan de linker kant van het schakelbord past (afb. 9). We leggen de LED erin en drukken de aansluitingen weer samen. Zo, ze is nu voorbereid voor de klemveren. Indien we er echter de voorkeur aan geven, de LED's in het schakelbord, links naast de draaico, te plaatsen (afb. 10) in plaats van direct in de klemveren, dan moeten we haar aansluitingen d.m.v. kabels verlengen. Daarvoor nemen we een heel lange draad uit

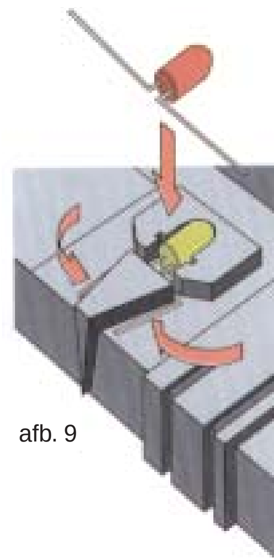

afb. 10

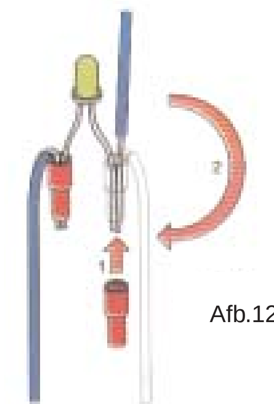
Multipack 6 en knippen we deze met een kabeltang of ronde schaar in het midden uit elkaar (afb. 11). De draadeinden worden geïsoleerd.


Afb.11

Contacthulzen zorgen voor duurzaam contacttussen de diode-aansluiting en de draad, (afbeelding 12). Het einde van de draad wordt overeenkomstig het betreffende schema van onderen door een gat direct naast de 'juiste' klemveer gestoken en daarin bevestigd. We hebben dat immers al met de draden van de batterijaansluiting gedaan." Het 'verkeerslicht' op de lanceerplatform springt op oranje. ,,We kunnen nu net nog onze draadbruggen buigen voordat we starten" zet Armstrong M-3 tot spoed aan. De robot trekt daarom vlug de losse isolatie van de draden (zie afb. 13) Hij steekt de korte draadbruggen in het gat met het opschrift ,,15 mm" (aan de linker kant van het schakelbord) en de lange draadbruggen in het gat met het opschrift ,,30 mm." Dan buigt hij de draden naar beneden, zoals afbeelding 14 dat toont.

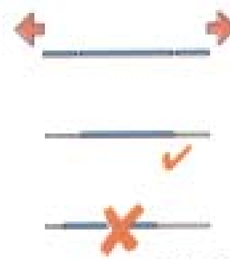

Afb.14


afb. 9

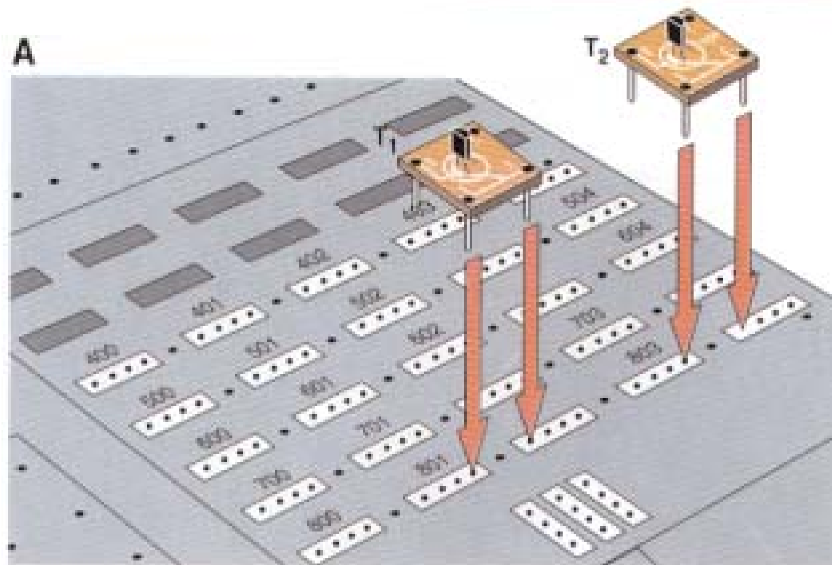

Afb.12

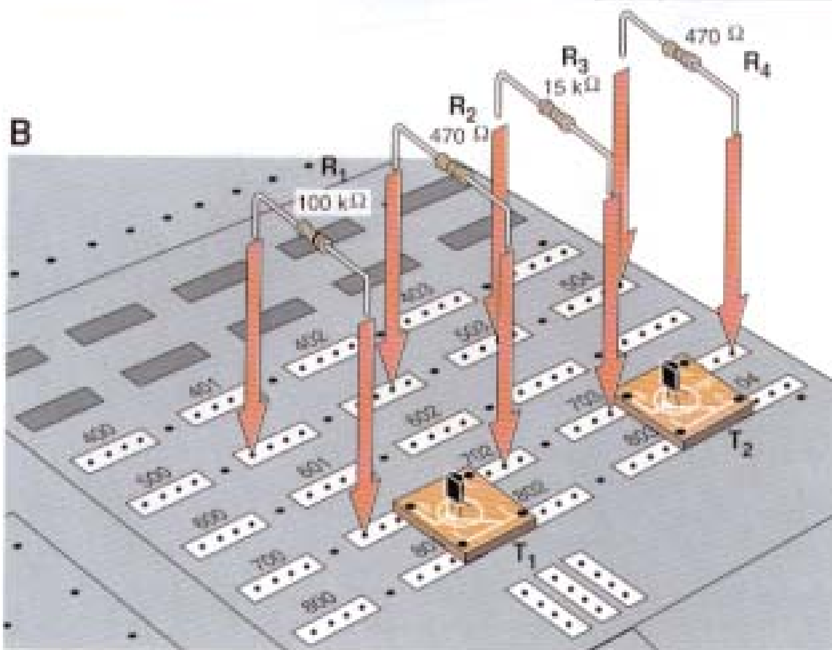
*Roberts notitieblok*

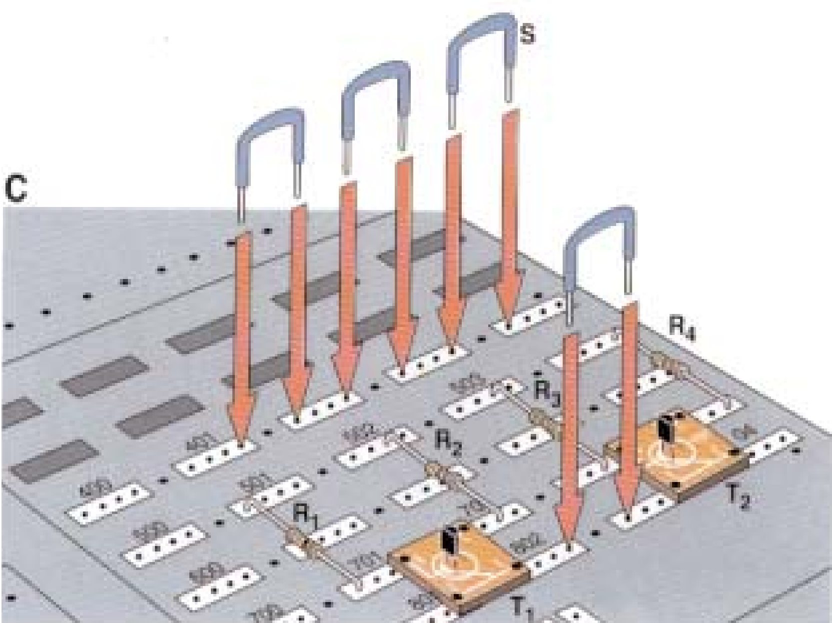
*Verlengingkabels voor LED's zijn alleen nodig als men de LED's in het schakelbord wil monteren.*


Afb.13

# Bij nul gaan we van start




,,Tien - negen - acht - zeven..." De cijfers van de countdown worden steeds kleiner. Langzamerhand wordt ook de ervaren ruimtereiziger Amstrong onrustig: ,,nu heb ik al zo vaak een ruimtevlucht meegemaakt, en toch is het steeds weer iets bijzonders." Bij ,,Zero beginnen de motoren te loeien, de ontsteking van de vastebrandstofraketten werkt. Door het optrekken worden onze helden met een meervoud van hun aardse gewicht tegen de stoelleuning gedrukt.

Plotseling doet een ruk de ruimteveer beven.,,Oh, wat is er nou gebeurd?" schreeuwt M-3 tegen het lawaai aan. Armstrong stelt hem gerust: ,,twee minuten na de start laat men de hulpraketten afspringen. Over vier minuten wordt 't weer onrustig, omdat onze kapitein dan de hoofdaandrijving uitschakelt". Inderdaad, de passagiers worden nog een keer stevig door elkaar geschud, maar dan komt het mooiste gedeelte van de ruimtevlucht: het "schip" glijdt gewichtloos door het heelal. ,,He, hoe denk je erover", vraagt de professor zijn nieuwbakken assistent, ,,zullen we even naar de kapitein van het ruimteschip zweven?" Robert kijkt wat onzeker: ,,mogen we dat wel?" ,,Absoluut geen probleem. Ik kan ten allen tijde kapitein Valster opzoeken." ,,Weten jullie",vraagt de professor de crew in de cockpit, ,,wanneer Valster en ik voor het eerst samen gevlogen zijn? Dat was in 2031! " De kapitein herinnert het zich heel goed: ,,ik was toen de derde hulpnavigator, en u was onderweg voor uw algemeen practicum. Na de vlucht zijn we samen voor een shake naar de bar "De melkweg" gegaan! " ,,Wat is dat voor een raar conservenblikje, dat u daar bij u hebt?" spot Valster. Maar dat had hij niet moeten zeggen. Robert voelt zich in zijn roboteer gekrenkt: ,,ik, Robert M-3, ben een hoogontwikkeld technisch produkt en niet alleen uitgerust met de gebruikelijke intelligentieprogramma's, maarookvoorzien van een gevoeligheidskaart! Wilt u zo vriendelijk zijn, en uw opmerking terugnemen, ik zou wel buiten mezelf kunnen raken!" De professor komt sussend tussenbeide: ,,kom nou, hij meent het niet zo kwaad, 't is allemaal O.K. ." ,,Ik wilde je niet op je sensoren trappen", vergelijkt Valster, ,,bij de ruimtevaart is de toon wat ruwer dan op de aarde. " M-3 nikt en geeft te kennen, dat hij de verontschuldiging accepteert: ,,om het weer goed te maken, kunt u ons misschien wat over uw cockpit vertellen." Valster doet een beter voorstel: ,,we gaan een elektronisch toestel bouwen dat even fascinerend knippert als de sterrenhemel om ons heen."

,,Dat is een woord", zegt de professor en haalt vol enthousiasme zijn elektronikatas, die gewichtloos naast hem zweeft, naar zich toe.

**1** Volgens de instructies van Valster bouwt Armstrong de schakeling stap voor stap, van A tot F, zoals dat hiernaast op de afbeeldingen aan beide zijden te zien is.

M-3 zet zijn optische sensoren (zijn ogen) wijd open en beweegt zijn akoestische sensoren (die lijken wat op oren). ,,De rode en de groene LED's knipperen afwisselend! Heeft dat wat met stroom te maken?!" ,,Ja, dat is juist", bevestigt

Valster, ,,maar weet je eigenlijk wat stroom is?" M-3 stottert wat: ,,eh, eh, eigenlijk weet ik enkel maar, dat ik met stroom functioneer. " De professor mengt zich in het gesprek: ,,niet alleen jij, maar ook de computers hier, het televisietoestel, de lamp enzovoort, enzovoort."

,,Genoeg van al die theorie", onderbreekt Valster, ,,we gaan liever een spelletje doen met het knipperlicht; want je kunt er veel meer mee doen, dan we tot nu toe gezien hebben." Dat maakt M-3 erg nieuwsgierig: ,,wat dan?"

**2** Valster neemt de groene LED 2 uit de schakeling en steekt op de dezelfde plaats een draadbrug. De rode LED brandt voor 1 seconde en gaat weer uit; na een seconde brandt ze weer enzovoort. ,,Zulk een knipperlicht", vertelt Armstrong, ,,waarschuwt in het ruimtestation de voetgangers als er robots voorbijstuiven." ,,Kan men met de andere onderdelen ...", mijmert Robert. ,,Ja, dat kan! " weet Valster

**3** Hij trekt de weerstand R1 (100kΩ) met de bruine, de zwarte en de gele ring - eruit en vervangt deze door een 33-kΩ weerstand (met drie oranjekleurige ringen). De andere onderdelen blijven op hun plaats. De LED brandt kort (ongeveer 0,3 seconde) en blijft dan 1 seconde lang uit. ,,Overigens, beste M-3", zegt Armstrong, "je hoeft nog niet te begrijpen wat 'weerstand' en 'Ω betekenen. Daar komen we nog op terug."

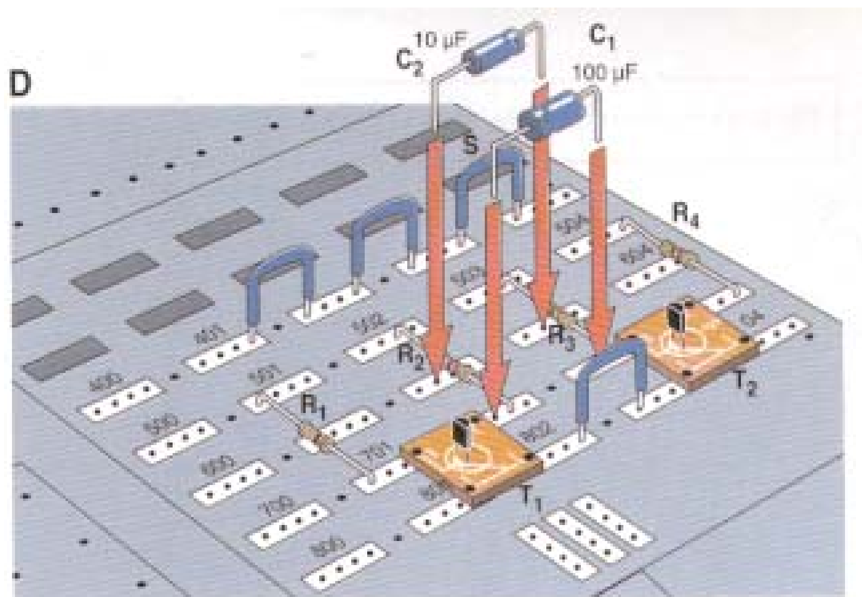
**4** Als we R1 nog eens veranderen "legt Valster uit, dan krijgen we natuurlijk een ander resultaat." Op de plek van R1 steekt hij een 5,6-kΩ-weerstand (groen-blauw-rood) op het insteekbord. Nu brandt de LED maar heel kort en gaat meteen weer uit.

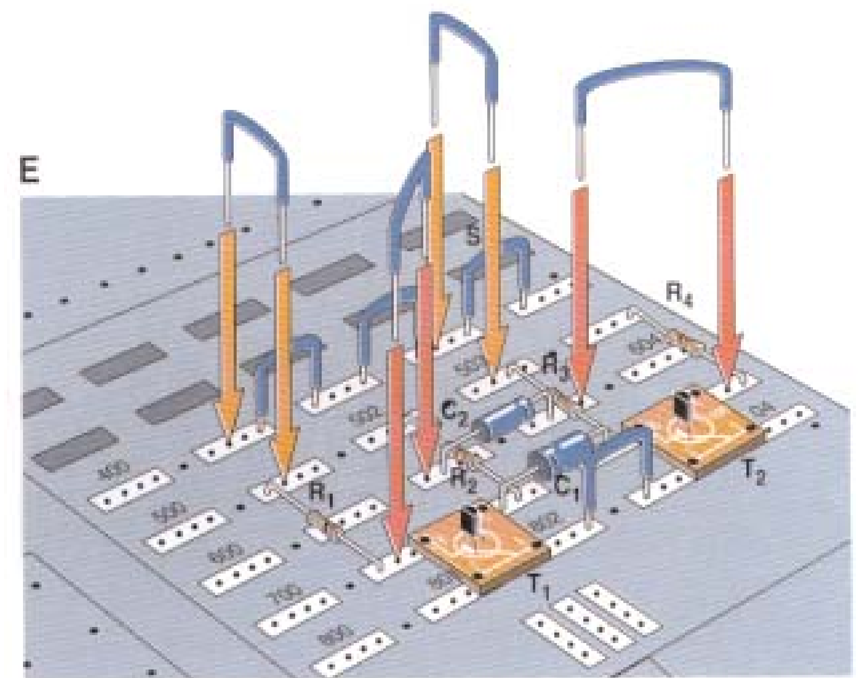
**5** Intussen heeft Valster het volgende experimentgestart: voor R3 neemt hij een 1-kΩ-weerstand (bruin-zwart-rood), voor R1 een met 100 kΩ (bruin-zwart-geel). Nadat de LED 1 seconde gebrand heeft, gaat ze 0,1 seconde uit en brandt daarna weer. ,,Door middel van zulke schakelingen vestigen producenten van de chocoladerepen,,Mercurius" en ,,Milky-Street" de aandacht op hun reclame! " verklaart de professor.

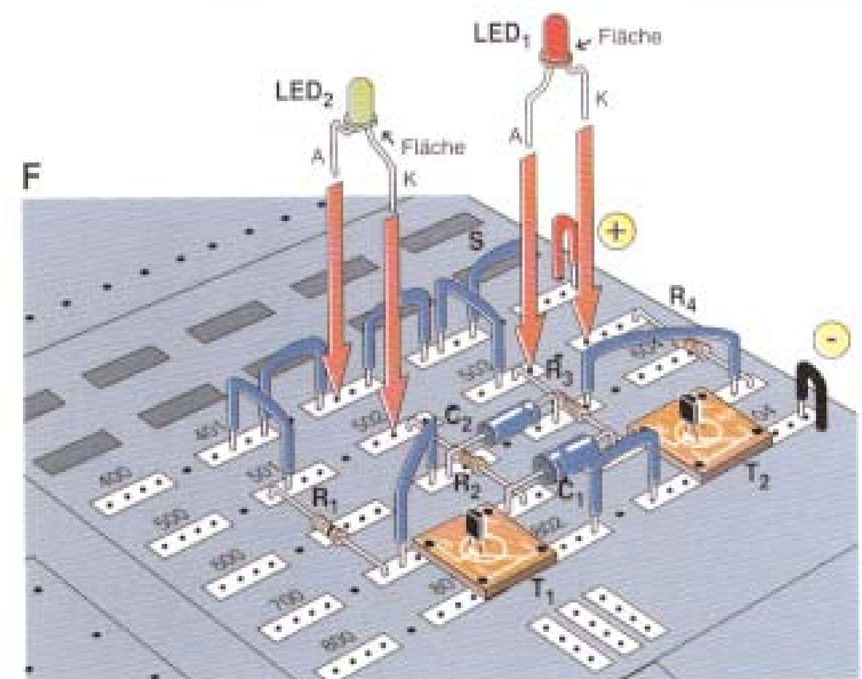
**6** ,, Kunnen we met het volgende experiment beginnen?" dringt M-3. Valster vervangt R1 door een 5,6-kΩ weerstand (groen-blauw-rood). Het knipperritme is nu heel kort: de LED brandt 0,1 seconde en blijft dan eveneens 0,1 seconde donker.

<u>*Roberts notitieblok*</u>

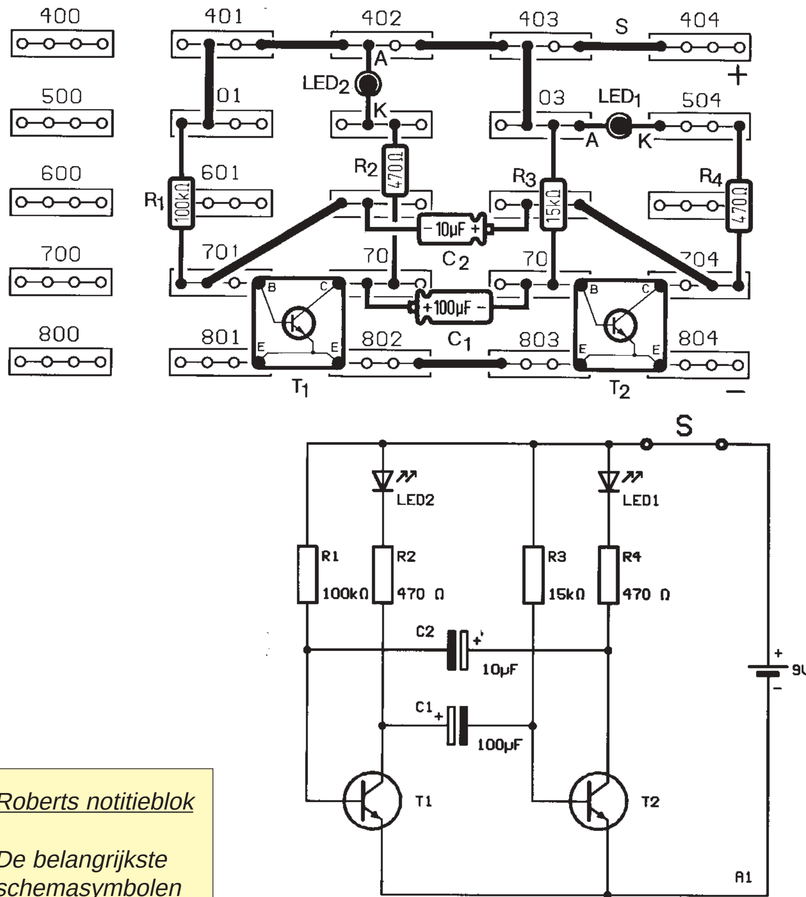
*,,De stroomsterkte", dicteert Armstrong, ,,kan men meten: in ampère (afkorting 'A'), zogenoemd naar de Franse natuurkundige Andre Ampère, die in 1775 geboren werd en in 1836 gestorven is. Hoe hoger het ampère-getal, des te groter is de stroom die er vloeit. Wij hebben in onze schakelingen met heel lagestroomsterkten te maken. Die meten we in milli-ampère;een milli-ampère is het duizendste deel van een ampère-net zoals een millimeter een duizendste meter is. Voor milli-ampère gebruiken de vakmensen de afkorting 'mA'.*



## De onderdelen en de acteurs



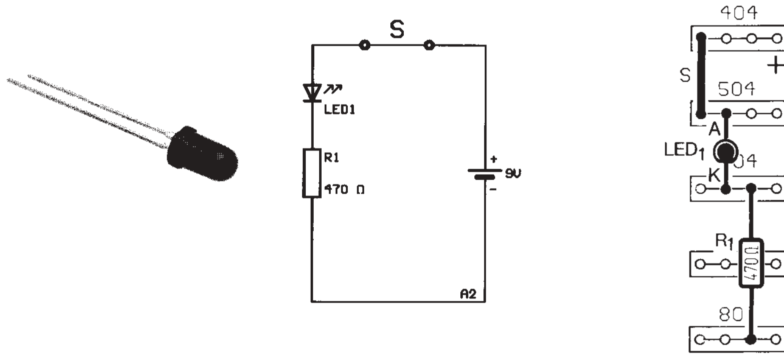

,,Deze knipperschakelingen", merkt M-3 op, ,,ga ik meteen noteren." Hij zoekt in zijn blikken tas naar een wereldruimte-balpen - gewone ballpoints zijn immers in de wereld ruimte niet te gebruiken, omdat daar de aantrekkingskracht van de aarde opgeheven is. De robot doet heel erg zijn best om alles op te schrijven. ,,'t Is niet nodig zo veel moeite te doen" onderbreekt de professor hem. ,,Hij toont M-3 een tekening, die er net zo uitziet als de links gedrukte.

"We bekijken ons steekbord van boven en herkennen alle gebruikte onderdelen." Nu merkt Valster nog op:,,wij gebruiken meestal nog een eenvoudigere en algemeen geldige versie- het schakelschema. Daarin worden voor de onderdelen symbolen, de zogenaamde schemasymbolen, gebruikt." Hij drukt Robert een blad papier in zijn grijpvingers. Dat bevat het schakelschema, zoals dat in de tweede afbeelding afgedrukt is. Robert zou nu toch graag horen, hoe de knipperschakeling te verklaren is. Armstrong legt het hem graag uit: ,,de transistoren T1 en T2 beÏnvloeden elkaar voortdurend. Als de ene transistor goed op gang is en de LED doet oplichten, lukt dat maar voor een kort ogenblikje. Want de andere transistor doet z'n uiterste best om dat oplichten te verhinderen en op zijn beurt de tweede LED van stroom te voorzien, zodat deze kan branden. Zo gaat de 'strijd' tussen de beide transistoren heen en weer, zonder dat een van beiden wint. Het resultaat: de LED's gaan afwisselend aan en uit." ,,Zo ongeveer weet ik nu, hoe 't gaat- maar de functie heb ik nog niet helemaal begrepen", geeft M-3 toe. ,,Dat geeft niet", troost de professor hem, ,,als je alle onderdelen kent, zul je het beter begrijpen. Zoveel kan ik nu al verraden: helemaal alleen kunnen de beide transistoren het niet af. Ze hebben ook de andere onderdelen ervoor nodig."

*Roberts notitieblok*

*De belangrijkste schemasymbolen en hun betekenis zijn in een lijst op bladzijde 3 van dit boek te vinden.*

## De stroomkring: in de rondte




,,Als dat wat te moeilijk was", stelt Armstrong voor, ,,zetten we nu eerst een eenvoudige stroomkring in elkaar."

**7** Hij bouwt de schakeling volgens het bovenstaande schakelschema en let er goed op, dat de LED op de juiste manier in het steekbord zit. De 'K' in het schakelschema betekent 'de korte poot'. De LED brandt. ,,Wacht even", onderbreekt M-3, ,,ik zal nu verklaren, hoe de stroom loopt. Hij vloeit van de batterij onder het steekveld door de draad, vervolgens door de draadbrug S, die steeds voor de functie van het Aan- en Uitschakelen geplaatst of verwijderd wordt, stroomt dan door de LED met de weerstand en bereikt via de tweede draad weer de batterij. Nou, was ik niet goed?" Armstrong knikt instemmend: ,,precies zo is 't. En als jij je schakelschema bekijkt dan snap je dat je alleen kunt functioneren, als je stroomkring gesloten is. " Robert herinnert zich aan zijn opleidingsprogramma: ,,ja, dat klopt, mijn 'kringloop' komt overeen met de bloedsomloop van de mens. Het hart pompt het bloed door de slagaders tot in de fijnste vertakkingen in de huid, van waar het dan weer via de aders naar het hart terugstroomt." ,,Oh, pas maar op", lacht de kapiteinvrolijk, ,,dat de bloedsomloop niet onderbroken wordt doordat je zo diep in je vinger snijdt,dat het begint te bloeden ...."

*Roberts notitieblok*

*De stroom vloeit alleen in een gesloten stroomkring.*

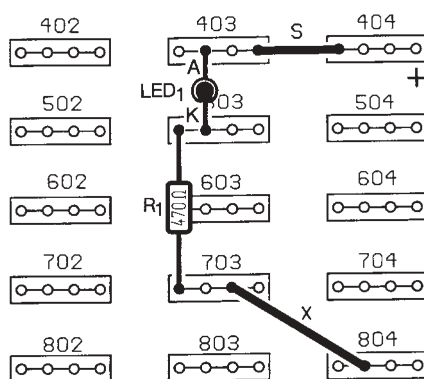
## Over deze brug stroomt de stroom

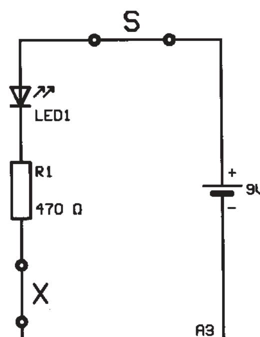
,,Ik zou voorstellen", vindt Armstrong, ,,deze schakeling nog wat te veranderen."

**8** De professor zet de schakeling in elkaar zoals dat op de afbeelding hiernaast te zien is. Hij steekt dus nog een extra draadbrug in het steekbord. Dan controleert hij of de ,,richting" van de LED klopt. Ter herinnering: ,,K" toont aan, waar de ,,korte poot" van de LED moet zitten.

Robert is helemaal in de ban van het experiment en kijkt vol spanning naar de LED. Of ze ook nu weer zal branden? Ja, kijk, ze schittert als een ster aan de hemel.

,,De geleidingsbrug X", verklaart Valster, ,,verlengt alleen maar de weg van de leiding, zonder enig effect op de LED. Je kunt ook zeggen: de schakeling neemt helemaal geen notitie van de brug", vult hij aan en lacht.




*Roberts notitieblok*

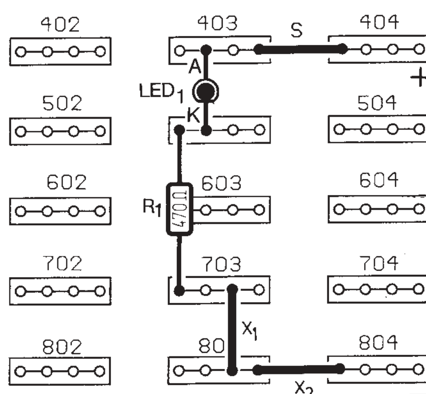
*Een extra geleidingsbrug verandert de functie van de schakeling niet.*

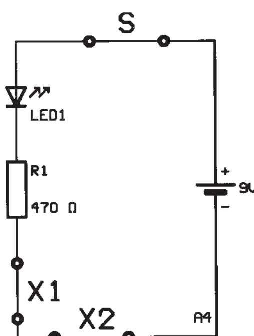
## Met nog veel meer bruggen

,,Nou ja, goed: twee bruggen", mijmert M-3, ,,beïnvloeden de schakeling niet. Maar wat gebeurt er, als we - zoals voor ons eerste experiment - meer van die draadbruggen in het steekbord plaatsen?" ,,Praktijk gaat boven theorie, zoals je weet", zegt Valster.

**9** Hij zet een schakeling in elkaar met twee extra draadbruggen, zoals dat in de afbeelding hiernaast te zien is. Ook hier moet op de juiste richting van de LED gelet worden (,,K" = ,,korte poot").

Onze LED brandt en toont aan dat de stroom door de schakeling vloeit. ,,Deze proef laat toch heel duidelijk zien", concludeert M-3 helder, ,,dat ook de derde brug in principe de schakeling niet verandert. " Ook de professor bevestigt dat:,,zelfs een vierde, vijfde en wat-weet-ik-veel hoeveel geleidingsbruggen meer leveren geen ander resultaat."





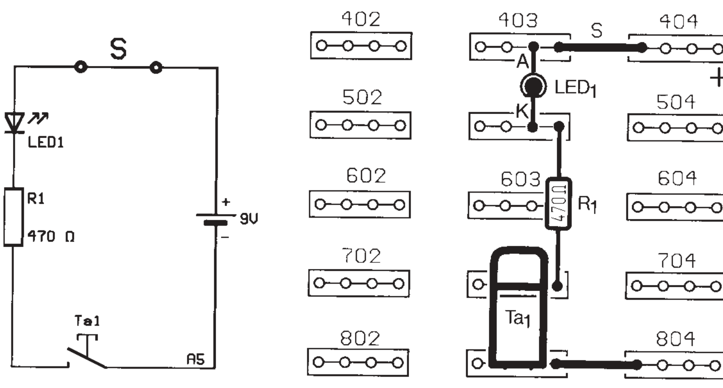

*Roberts notitieblok*

*Met gloeiende denk - diodes noteert M-3: “ook het aantal draadbruggen - beïnvloedt de functie niet.”*

## ,,In functie" met een druk op de toets



Terwijl de vrienden zo van gedachten wisselen en helemaal in de elektronika verdiept zijn, naderen ze met razende snelheid het wereldruimtestation Electronica, dat in het felle zonnelicht glinstert. Ze kijken net omhoog om van de onbeschrijflijke schoon heid te genieten, als een wild geworden schroef, die blijkbaar onbeheerd in het heelal ronddwaalt, direct op het ruimteschip af schiet. Valster slaat met tegenwoordigheid van geest op een rode toets, de schroef draait - in een afstand van een paar meter van de wand van het ruimteveer - om en verdwijnt in de diepte van de ruimte. ,,Dat was maar net op het nippertje" zegt Valster en veegt het koude zweet op zijn voorhoofd af. ,,En wat", wil Robert natuurlijk weten,



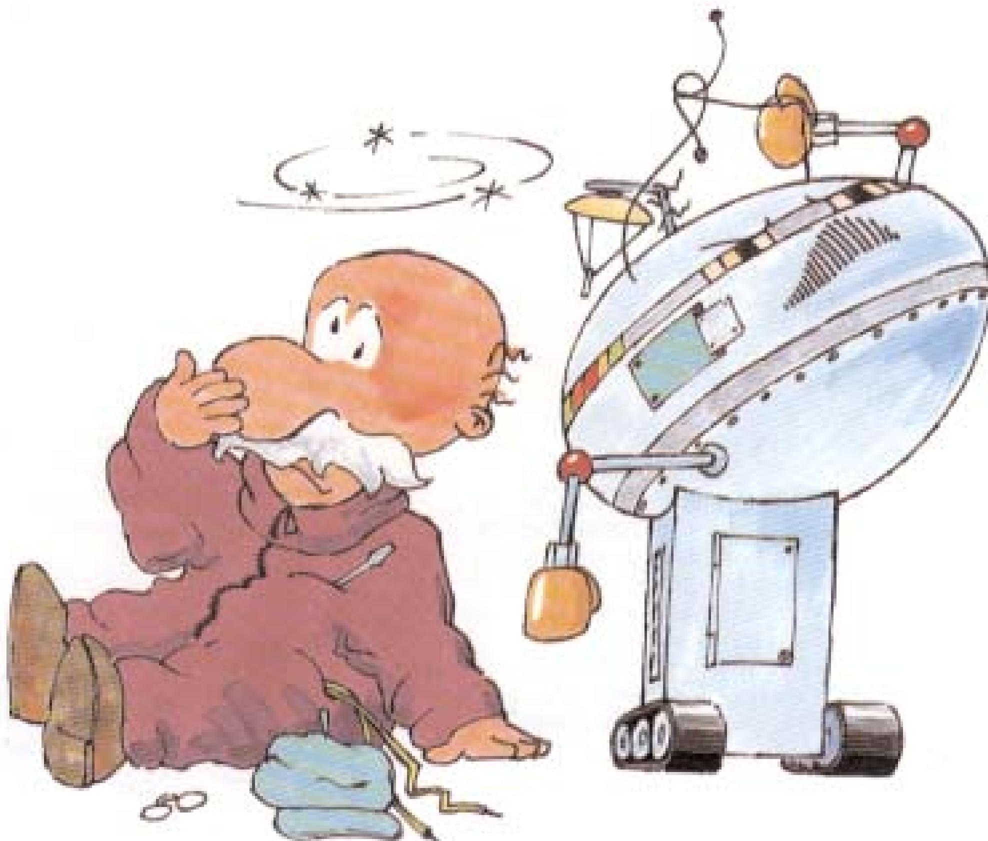

,,heeft u gedaan om deze bedreiging af te weren?" De kapitein legt dat graag uit: ,,door de druk op de toets heb ik een stroomkring gesloten, waarmee een magneet in functie treedt. Door de kracht van de magneet werd de schroef weggestoten." ,,Wat betekent dat: 'door de druk op de toets wordt een stroomkring gesloten?", vraagt Robert. ,,Een experiment toont vaak meer dan ongeveer duizend woorden", laat Armstrong een oude ervaring horen.

**10** Hij zet de schakeling volgens de bovenstaande afbeelding in elkaar. Voor Ta1 neemt hij de toets die in de doos ligt en plaatst hem in het steekbord zoals in de afbeelding hierboven aangegeven is. Robert drukt - wat niet anders te verwachten is - onmiddellijk met zijn grijphand op de toets. In dat ogenblik licht de LED op. Hij schrikt er zo van, dat hij meteen de toets weer los laat en ... de LED gaat uit. ,,Nu, heb je 't principe gesnapt?" vraagt Valster de leergrage robot. ,,Is het mogelijk", denkt M-3 hardop, ,,dat ik door de druk op de toets een stroomkring gesloten heb, zo dat stroom door de LED vloeit?" Robert heeft gelijk. ,,Dat is niet alleen mogelijk, dat is zo!" bevestigt kapitein Valster. ,,En als je loslaat, wordt de stroomkring weer onderbroken en de LED gaat uit."

,,Dames en heren, beste machines", begint hij heel officieel, nadat hij even op zijn armbandcomputer gekeken heeft, ,,mag ik onbevoegden verzoeken, de cockpit onmiddellijk te verlaten. We beginnen in een paar minuten met het landingsmanoevre. "

,,Ja, natuurlijk", toont de professor begrip voor dat verzoek, ,,bij dat gecompliceerde koppel manoevre willen wij in geen geval storen." Hij draait zich om, houdt zich vast aan de deur van de cockpit en komt, alsof hij met een katapult geschoten wordt, op zijn zitplaats terecht. Door zijn rolvoeten behoudt M-3 contact met de bodem en rolt hij naar zijn plaats, waar hij zijn veiligheidsgordel omdoet. Uit het centrum van het ringvormige ruimtestation steken gigantische ,,armen". Aan een van deze armen moet Valster nu de ingangsdeur van het ruimteveer manoeuvreren. Remraketten sissen en loeien, het ruimteschip slingert, en glijdt, gestuurd door kleinere zijraketten, naar het fel verlichte middelpunt toe. Ronken en ratelen, een ,,plof", en de koppelgrijpers hebben hun doel gevonden. Langzaam gaan de porten van het station open. In het ruimteschip krijgt de crew een daverend applaus. Hoewel de reis zonder problemen verliep, zijn de passagiers toch blij, Electronica veilig te hebben bereikt. Zulk een ruimtevlucht is zelfs nu, in het jaar 2069, nog met een zeker risico verbonden.

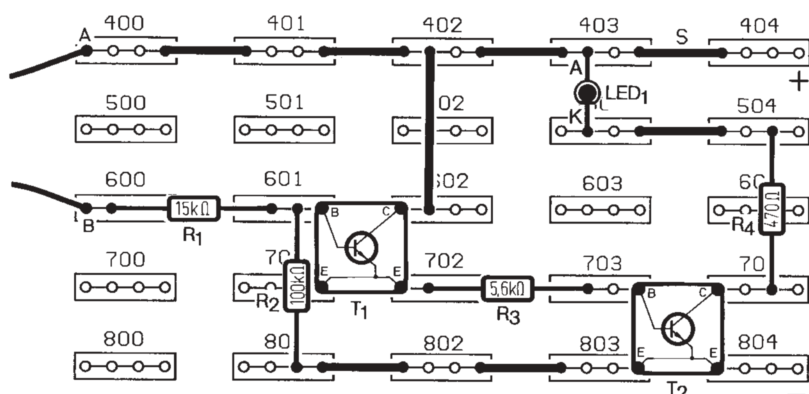
,
,Zuurstof is", doceert professor Armstrong, ,,zo-als je natuurlijk weet, voor de ademhaling van mensen, dieren en planten onontbeerlijk." Robert M-3 nikt en vult aan: ,,alleen wij robots kunnen zonder dat gas vrolijk rond zoemen."
,,De zuurstof - de wetenschappers spreken meestal van O2 - wordt hier op Electronica net als overal door de planten verkregen" verklaart de professor. ,,Ze produceren met behulp van hun bladgroen dit voor het leven noodzakelijke gas als "bijprodukt" van hun groeiproces. En waar kun je zulke planten laten groeien?" test hij zijn nieuwe assistent. ,,In de broeikas natuurlijk", weet M-3. ,,Precies", bevestigt Armstrong, ,,hier op onze kunstmaan hebben we daarom de afdeling 'Mars', die uit bijna niets anders bestaat dan uit uitgebreide weiden en velden.",,En zijn die dan werkelijk sap-pig groen?" wil Robert weten. ,,Ja, zeker", bevestigt Armstrong, ,,en je zult zeker niet verbaasd zijn, dat de elektronika ook bij de plantenteelt onschatbare diensten bewijst." ,,Waarop wachten we dan eigenlijk nog?" vraagt M-3 ongeduldig, ,,kom, dan gaan we daar naar toe! " De wat boven Robert zwevende professor heeft aan zijn zware leren riem een karabijnhaak; hij hangt die in de transportrail en flitst gewichtloos in de richting van ,,Mars." Robert sukkelt wat zijn aandrijfcomputer op het juiste doel en de juiste snelheid in te stel-len; na een paar honderd meter heeft hij zijn meester echter ingehaald.
Samen gaan ze dan vlot verder: de professor han-gend aan het verkeersmiddel voor ,,buurt-verkeer" en Robert met zijn magneetrollen op de bodem ,,klevend." Aan de ingangssluis van de plantentuin tikt Armstrong zijn codenummer in de automaat, waarmee hij overal in het ruimtestation toegang heeft. De zware poorten schuiven zacht-jes uit elkaar, M-3 rolt naar binnen. Armstrong zweeft er achter - en ploft als een rijpe vrucht neer op Robert. ,,Ik ben telkens weer verrast", veront-schuldigt hij zich bij de robot, ,,hoe plotseling in de broeikassen weer de zwaartekracht werkt." Robert mompelt: ,,die mensen altijd..." en brengt zijn antennen weer in orde.
Door de harde, doffe slag gealarmeerd, komt de cheftuinier Karel Knol aanrennen. ,,Maak toch niet zo' n lawaai", bromt de man met het groene schort, ,,daar schrikken mijn kwetsbare plantjes van! En u, meneer de professor, moest eigenlijk zo langzamerhand weten dat we op 'Mars' de zwaar-tekracht nodig hebben; anders zouden de planten niet weten waar boven en beneden is, waar ze hun wortels moeten laten groeien."
,,Oh, sorry Knol, 't was toch geen opzet", kal-meert Armstrong de tuinier. ,,Ik wilde je gewoon even mijn assistent M-3 voorstellen en hem een paar van je voortreffelijke aanplantingen laten zien!" Hij heeft daarmee de juiste toon gevonden. Knol vindt het altijd leuk, als iemand belang stelt in zijn harde werk; zijn gezicht vrolijkt meteen op: ,,natuurlijk, kom mee, ik laat jullie graag zien, waarmee we hier zo bezig zijn! "

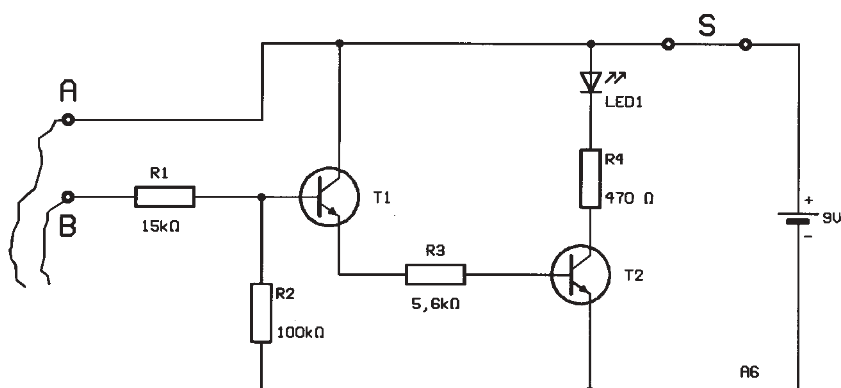


# Voldoende water in de tank en bij de bloemen?



,,Zien jullie daar boven de watertanks?" vraagt de tuinier. ,,Bij 't navullen, moeten we heel erg oppassen dat ze niet overlopen." Dat begrijpt zelfs M-3: ,,ja, dat spreekt wel vanzelf, met 't kostbare nat mag je niet verkwistend omgaan! Hoe hebben jullie dat probleem opgelost?"
,,We hebben een elektronische schakeling in elkaar gezet, die ons door het oplichten van een LED aantoont, als de tank bijna vol is." Hij zoekt in zijn schort naar een schakelschema, dat er net zo uitziet als op de afbeelding hieronder.




**11** ,,Dat kunnen we toch nabouwen!" stelt de professor voor en tovert uit zijn tas de nodige onderdelen te voorschijn. M-3 is ijverig en begint meteen de onderdelen volgens het schakelschema in elkaar te zetten. De beide lange draaden plaatst hij op dezelfde manier, als dat in het schema te zien is. Hij is voorzichtig en let erop dat het blanke einde van de beide draden elkaar niet raken.
,,Er gebeurt helemaal niets" merkt hij teleurgesteld op. ,,Kijk", verklaart de professor, ,,de LED kan alleen branden, als er stroom door vloeit. En stroom kan er alleen vloeien, als de stroomkring gesloten is." M-3 mijmert: ,,oh ja, natuurlijk, de stroomkring is onderbroken door het 'gat' tussen de beide einden van de draden.

**12** Knol klimt met de schakeling op een ladder en houdt de beide draadeinden in de watertank. (Men kan ze natuurlijk ook in een glas water hangen. De blanke einden mogen elkaar niet raken.) Nu brandt de LED. ,,Wat is er nu gebeurd?" vraagt M-3 verbaasd. ,,Stroom vloeit altijd wanneer door een leiding of een onderdeel elektronen gaan. Deze deeltes zijn zo klein, dat je ze niet eens met een microscoop kunt zien. Deze deeltjes kunnen geen sprongen maken. Ze kunnen dus niet over eer, 'opening' heen springen. Maar ze kunnen wel zwemmen." M-3 snapt het al: ,,de stroomkring wordt dus via het water gesloten! "
,,Je kunt natuurlijk ook nog testen", mengt zich Armstrong in het gesprek, ,,of de schakeling ook werkelijk functioneert."

**13** Hij houdt de twee blanke einden van de draden tegen elkaar. De LED begint te branden en bewijst, dat de stroomkring gesloten is. Knol vertelt nog iets over een andere toepassing van de schakeling: ,,hier op 'Mars' besproeien wij de velden natuurlijk volautomatisch. Omdat mijn medewerkers en ik echter niet overal in de uitgestrekte afdeling aanwezig kunnen zijn, hebben wij een elektronisch controle - apparaat ontwikkeld; het toont aan, of de sprinklerinstallatie op alle velden functioneert." Robert wil meteen weten, hoe zulk een apparaat eruit ziet.

**14** ,,We steken de beide einden van de draad door een vloeiblad zoals je dat in de afbeelding ziet. Zodra het papier vochtig wordt, begint de LED te branden en we weten dan, dat het bijvoorbeeld in de afdeling Q3b regent."
,, Is dat daar een speciaal laboratorium?" wil M-3 weten en wijst naar een door glazen vensters van de reuzenbroeikas afgescheiden gedeelte. ,,Je hebt het door", antwoordt Knol, ,,we kweken daar nieuwe planten, die we natuurlijk bijzonder zorgvuldig behandelen. Willen jullie dat zelf eens bekijken?" Natuurlijk willen ze dat.
In het space-lab begint M-3 plotseling te sissen. ,,Wat is er aan de hand?" vraagt Knol bezorgd. ,,Heb je hooikoorts?"
Robert schudt met zijn hoofd: ,,nee, absoluut niet, dat is de robotmanier, om zijn blijde verrassing te tonen. De verrukkelijke geur van de vele bloesems stimuleert mijn gevoeligheidsprogramma!" Nadat hij weer wat rustiger geworden is - het sissen wordt minder - valt hem op, dat in sommige bloempotten draden zitten. ,,Waarom zitten die daar?" Knol licht hem in: ,,deze planten zijn mijn bijzondere vrienden."
Hij verklaart de procedure.
,,In elke bloempot zet ik de beiden draden van onze

**15** schakelinstallatie zoals in de afbeelding links aangetoond.Als de aarde te droog wordt, gaat op mijn schakelbord de LED uit - en ik weet, dat ik mijn groene lieverdjes weer wat te drinken moet geven."



De deuren worden opgengerukt; Frans Stengel en Frits Knop, beide medewerkers van Knol, stormen naar binnen: ,,in de afdeling G4y is een luik niet dicht! Er ontwijkt zuurstof in het heelal!" Knol slipt vlug in zijn veiligheidsoverall voor noodgevallen en haast zich naar de plaats van het ongeval. De lucht is al heel dun geworden, daarom pakt Knol een kleine zuurstoffles die daarvoor steeds gereed staat. Vliegensvlug drukt hij de afdichting van het luik weer op zijn plaats en sluit daarmee het lek. Na 30 seconden gaat een brandende LED aan zijn armbandcomputer uit. Dat betekent voor de tuinier: nu is de zuurstof in de noodfles bijna verbruikt. Hij flitst terug en veegt het zweet van zijn voorhoofd. ,,Hebben jullie eigenlijk het waarschuwingssein gezien?" Dat hebben ze inderdaad: ,,wel gezien, maar niet begrepen." ,,Luister", verklaart de cheftuinier, ,,voor zulk kleine reparaties kunnen we niet de robot-reparatieploeg alarmeren. Dat betekent dus dat wij zelf voor de reparatie moeten zorgen. Een normaal zuurstofapparaat zou veel te zwaar zijn. Daarom staan er overal kleine flessen ter beschikking die echter slechts zurstof voor ruim 30 seconden bevatten." ,,Oh, darom", gaat Robert een licht op, ,,ging uw armband - LED na een halve minuut uit! En hoe", wil M-3 weten, ,,heeft U de indicatie geschakeld?"

**16** Knol toont hem de schakeling die met de afbeelding op de rechter zijde overeenkomt.

,, Maar er gebeurt helemaal niets", moppert M-3. ,,Dat kan ook niet, we hebben de 'klok' toch nog niet ingeschakeld", verklaart Armstrong.

**17** De professor drukt voorzichtig op de toets Ta 1. De LED begint onmiddellijk te branden, maar gaat na 30 seconden weer uit. ,,Zodra ik de zuurstoffles uit de houder neem", verklaart Knol, ,,start ik het klokje."

Professor Armstrong bekijkt de schakeling precies: ,,na een paar kleine veranderingen kunnen we met dit apparaat ook kortere tijden meten."

**18** Hij verwijdert de 100-kΩ - weerstand R1 (bruin-zwart-geel) en zet er in de plaats daarvan een weerstand van 33 kΩ (oranje-oranje-oranje). Na een druk op de toets brandt de LED ongeveer 10 seconden.

,,Wordt er nog een andere versie gewenst?" biedt Armstrong aan.

**19** Voor R1 neemt hij nu weer de 100 - kΩ - weerstand (bruin-zwart-geel); de 100-µF-condensator wordt door een condensator van 10 µF vervangen. Nu brandt de LED slechts ca. 3 seconden en gaat dan weer uit. ,,Mijn akoestische sensoren geven mij zojuist een geluid door, dat me aan kippegesnater doet denken" meldt M-3. ,,Ja, ja", bevestigt Knol, ,,dat zijn de diertjes van Jos Wortel, onze eco-boer. We hebben hem toegestaan, op een gedeelte van onze broeikassenvlakte kippen te houden. Kom mee, we gaan even naar hem toe!"

,,Hallo", Jos steekt hen zijn knuist toe. ,,Wat doe je hier zo al" wil de professor weten. ,,Kijk maar", antwoordt Wortel, ,,mijn vrijlopende kippen leggen lekkere eieren, die hier op Electronica erg in trek zijn." ,,Ik ben natuurlijk niet alleen met de kippen bezig", zegt Jos, ,,maar ook met elektronika. Als de collega's van de centrale eieren bij mij kopen, biedt ik hen bovendien een elektronische eierwekker aan." ,,En hoe ziet die er dan uit?" vraagt Robert nieuwsgierig.

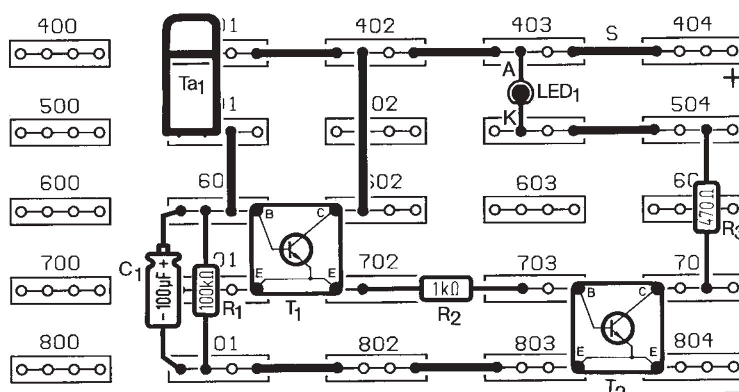


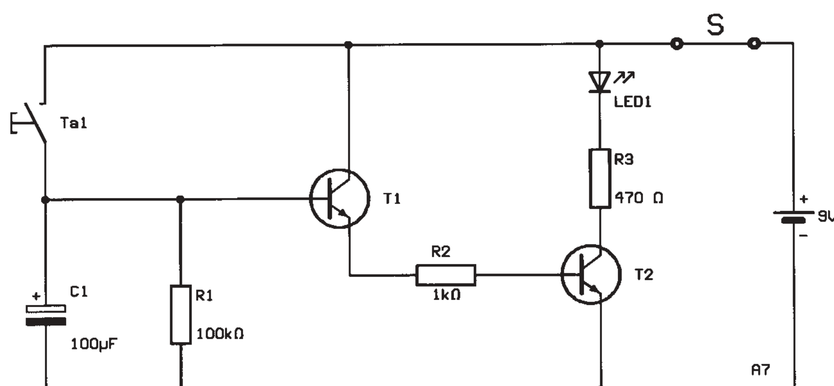
**20** Het apparaat heeft bijna dezelfde schakellng als de andere apparaten op deze bladzijde. De condensator C1 heeft 10 µF, R1 wordt helemaal weggelaten.

Na een druk op de toets brandt de LED rond drie minuten - net zo lang, tot de eieren lekker zacht - gekookt zijn - dan gaat de LED langzaam aan uit. 's Avonds lees ik zo graag in bed",vertelt Wortel, ,,meestal het vakblad 'De natuur in het heelal'. Moe van het werk val ik dan soms in slaap. Om niet onnodig elektriciteit te verbruiken, heb ik een schakeling in elkaar gezet, waarmee het leeslampje op de nachttafel na ongeveer een half à een heel uur uitgaat."



**21** Wortel neemt de eierwekker, plaatst er voor C1 een condensator van 100 µF in en vervangt de 1 - kΩ - weerstand R2 door een weerstand van 33 kΩ (oranje-oranje-oranje). Na een druk op de toets brandt de LED werkelijk een half à een heel uur.



## De spanning: het wordt spannend

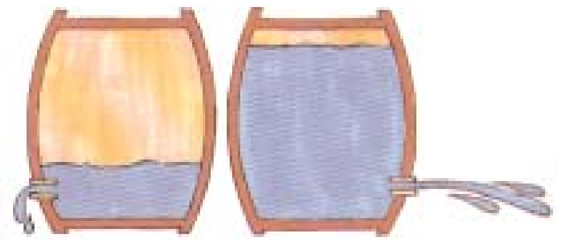
<u>*Roberts notitieblok*</u>

*M-3 noteert, wat Armstrong over het meten van de spanning vertelt. ,,Spanning kun je meten in ‘volt’ (afkorting ‘V’). Met die naam eert men de Italiaanse natuurkundige Alessandtro Volta, (geboren in 1745, gestorven in 1827). Veel huishoudelijke apparatuur functioneert met 220 volt (opschrift: ‘220 V’). Onze batterij kan 9 V (opschrift ‘9 V’) leveren, als ze nieuw is.”*

,,Ik zie zojuist", ontdekt professor Armstrong, ,,dat u uw kippefarm ook bevloeit." Wortel bevestigt dat: ,,ik pomp het water in de tanks, die op twee verschillende niveaus zijn opgesteld. Als het water maar in een dun straaltje moet uitlopen, open ik het ventiel van de onderste tank. Moet het water met een dikke straal eruit kletteren, dan gebruik ik de bovenste tank."

,,Oh, prachtig, dat kunnen we heel goed vergelijken met de elektrische spanning" merkt Armstrong op. ,,Hoe bedoelt u dat?" vraagt M-3 verbaasd. ,,Nu, goed", begint de professor met zijn uitvoerige toelichting. ,,Om een stroom te laten vloeien, hebben we twee dingen nodig: een gesloten stroomkring en een elektrische spanning.

Dat is de druk, die nodig is, om de elektronen door de leiding te pompen. Je kunt je een soort elektronenpomp voorstellen, die in de batterij zit." ,,Wat heeft dat met Wortels watertanks te maken?" M-3 begrijpt niet, wat Armstrong bedoelt. ,,Er zijn verschillende spanningen, hoge en lage. Bij een lage spanning stromen weinig elektronen, bij een hoge spanning daarentegen veel elektronen. Het water in de bovenste tanks heeft bij wijze van spreken een



hoge 'spanning' en spuit er met een dikke straal uit. Het water in de tanks daaronder heeft daarentegen minder 'spanning' en komt er maar met een dun straaltje uit. Het hoogteverschil heeft dus te maken met de sterkte van de spanning."

## Weerstand remt de stroom

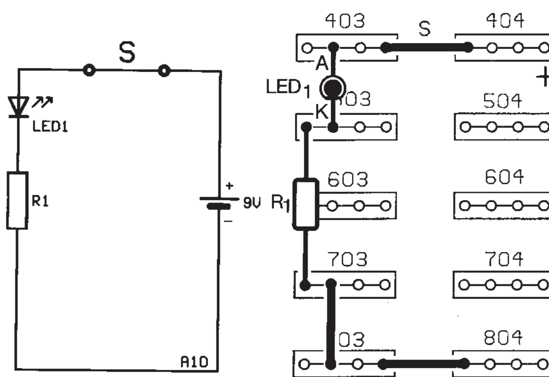


<u>*Roberts notitieblok*</u>

*,,De weerstand wordt gewoonlijk gemeten in ‘Ohm’, wat afgekort wordt met de Griekse letter Omega (). ‘Ohm’ dankt zijn naam aan de Duitse fysicus Georg OHM (1789 - 1854), die belangrijke grondslagen van de elektrotechniek heeft ontdekt. 100 Ohm is 1 kilo - ohm (afgekort k), een kilogram bestaat immers ok uit 1000 gram. In de schakelschema’s wordt voor de weerstand het schemasymbool gebruikt dat hiernaast te zien is.”*

,,Wat spanning is", vindt Robert, ,,heb ik nu wel zo ongeveer begrepen. Maar er spookt nog een ander begrip door mijn hoofd, waar ik geen touw aan kan vastknopen: weerstand." Armstrong vindt het fijn dat zijn assistent zo weetgierig is: ,,we stellen ons nog eens de pomp (d.w.z. de batterij) voor. Als je op een willekeurige plaats van de waterleiding (de leiding) een hindernis, bijvoorbeeld een spons plaatst, dan zal daardoor de waterstroom worden geremd. De spons werkt dus als een weerstand. Een elektrische weerstand is natuurlijk geen spons, maar een onderdeel, dat aan de stroom weerstand biedt." ,,Heeft u daar misschien ook een proef in petto?" vraagt M-3, die de voorkeur geeft aan een praktisch experiment. ,,Jawel, zeker"

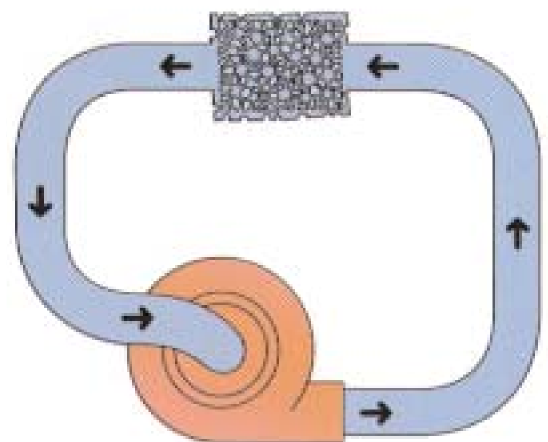
**22** De professor zet een eenvoudige stroomkring volgens de handleiding in elkaar. Voor R1 neemt hij een 1 - kΩ - weerstand (bruin-zwart-rood).




Wat gebeurt er? De LED brandt heel helder.

**23** Dan vervangt Armstrong de 1 - kΩ - weerstand door een weerstand van 5,6 kΩ (groen-blauw-rood). In dit geval brandt de LED veel minder helder.

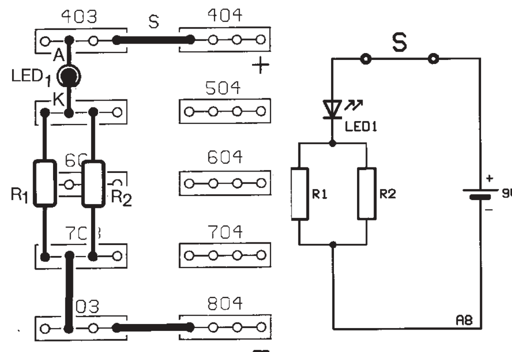
**24** Tenslotte gebruikt de professor voor R1 een weerstand van 15 kΩ (bruin-groen-oranje). Het is nu nog amper te zien dat de LED brandt, want de vrij hoge weerstand remt de stroom, die immers het branden van de LED veroorzaakt, toch heel sterk.



## Als de weerstanden naast elkaar liggen

,,In sommige schakelingen gebruiken wij meer dan een weerstand" verklaart Armstrong. ,,Of de waarde van deze weerstanden samen hoger of lager is dan de som van beide waarden, hangt ervan af, op welke manier we ze schakelen. We beginnen met de opbouw van een schakeling, waarin de weerstanden naast elkaar geschakeld zijn. De experts noemen dit 'parallel geschakeld'."

**25** Hij zet de schakeling volgens de afbeelding rechts in elkaar. Als weerstand R1 gebruikt hij een weerstand van 15 kΩ (bruin-groen-oranje), als R2 een van 5,6 kΩ (groen-blauw-rood). De LED glimt wat, hoewel elke weerstand een vrij hoge waarde heeft. Er vloeit dus voldoende stroom, om de LED te doen branden; de stroom kan via twee verschillende wegen vloeien. Resultaat: de totale waarde van de beide weerstanden is minder dan die van elke weerstand. Je kunt je dat goed voorstellen met behulp van de afbeelding van de waterkringloop en de beide sponzen in de waterleiding (rechts).




**26** Nu neemt Armstrong voor R2 een weerstand van 1 kΩ (bruin-zwart-rood), R1 laat hij onveranderd. De LED brandt tamelijk helder omdat de totale weerstand nu kleiner is dan die uit de vorige proef.

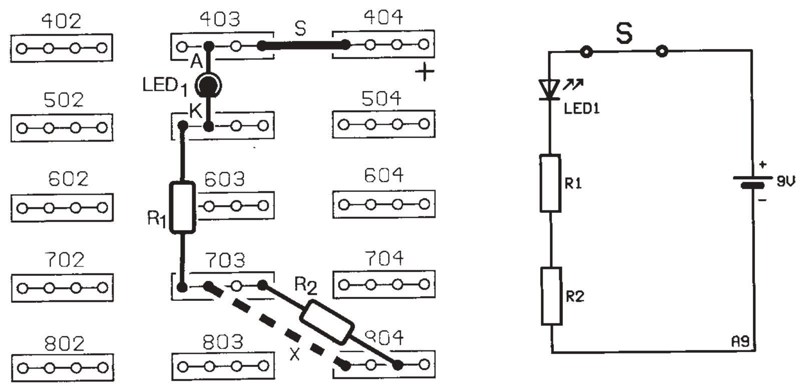
## Weerstanden in serie

,,Maar wat gebeurt er, wanneer je weerstanden in een stroomkring achter elkaar plaatst?" vraagt M-3.

**27** In plaats van een antwoord zet de professor een schakellng In elkaar, waarin de twee weerstanden achter elkaar komen te liggen (zie de tekening rechts). R1 heeft 470Ω (geel-violet-bruin), R2 1 kΩ (bruin-zwart-rood). De LED brandt maar zwakjes, want de stroom komt na de eerste weerstand nog een tweede weerstand tegen. Bij in serie geplaatste weerstanden moet men de ohmwaarden bij elkaar optellen. In dit geval betekent dat: de totale weerstand van R1 en R2 is dus 470 Ω + 1000 Ω = 1470 Ω.

**28** M-3 laat R1 onveranderd in de schakeling, R2 vervangt hij door een draadbrug. De LED brandt feller, omdat de draadbrug X bijna geen weerstand biedt: de waarde van de weerstand is praktisch 0 Ω.

**29** Nu trekt de professor de weerstand R1 helemaal eruit. Daardoor is een ,,gat" in de schakeling ontstaan, de weerstand is van wijze van spreken oneindig groot. Daarom brandt de LED niet.

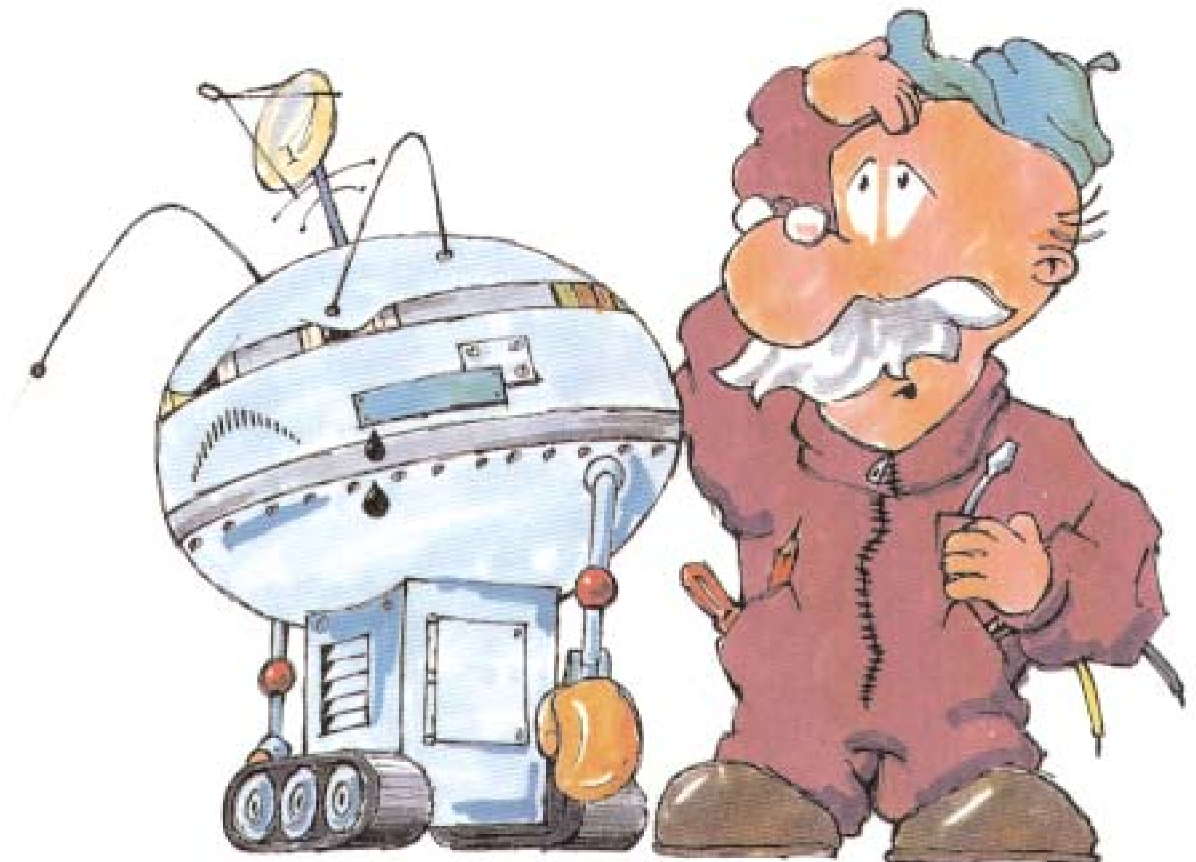


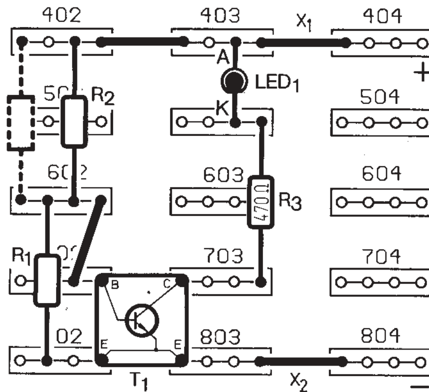

## De waarde van de weerstand aangetoond in kleuren

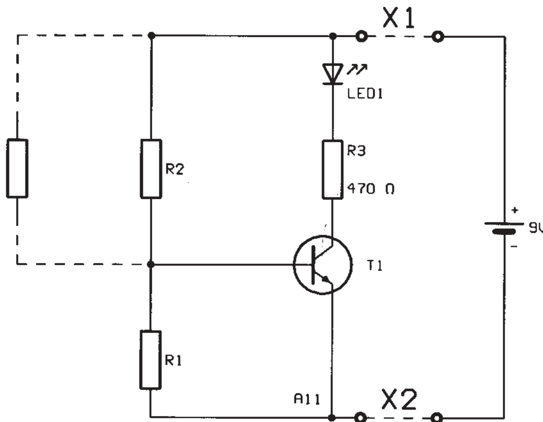
,,Echt leuk vind ik bij die weerstanden, dat ze hun waarde in zulk mooie kleuren aantonen", zet Wortel het gesprek voort. Dat begrijpt Robert niet meteen. ,,Je moet de weerstand zo vast houden dat de gouden of zilveren ring aan de rechter kant staat", verklaart Jos. ,,Aan de hand van de drie andere ringen kun je duidelijk bepalen, met welke weerstand je te maken hebt.
De linker en de middelste ring geven de getalswaarde aan, terwijl de rechter ring aantoont, hoeveel nullen achter de getalswaarde komen te staan.
,,Moet ik al die kleurencodes van buiten leren?" vraagt M-3 sceptisch. ,,Zeker weet je ze na een poosje uit je hoofd" troost Wortel hem, ,,voorlopig kun je best de weerstandstabel op de achterste omslagpagina van dit boek gebruiken."

## De afdeling ,,Uranus": werkplaats in de wereldruim

,,Ja, beste vrienden", begint Sirius Armstrong, ,,jullie hebben ons belangrijke en leuke dingen laten zien. Maar aan elk bezoek komt er een einde - graag zou ik mijn assistent met de andere stations op Electronica bekend willen maken." Robert M-3 bedankt zich op zijn manier vriendelijk bij Knol en Wortel door hen met zijn grijphand op de schouder te kloppen. Zijn gevoeligheidskaart begint zacht te ratelen, voor insiders een bewijs van dankbaarheid.
Achter de sluisdeur doet Armstrong door een onhandige beweging een reuzesprong en komt met een klap tegen het plafond terecht. ,,Oh, chef", merkt M-3 wat driest op, ,,weer niet eraan gedacht, dat we in de gangen geen zwaartekracht hebben?"
,,Robot, houd je brutale mond", mompelt de professor, hangt zijn karabijnhaak in de transportrail en flitst in de richting van ,,Uranus", de volgende afdeling, die hij M-3 wil tonen. Pas een paar minuten later dan Armstrong arriveert M-3. ,,Ben je op dat stuk eigenlijk teruggerold", spot de professor en neemt op die manier wraak voor de brutale opmerking van zoeven. Maar plotseling valt hem op: M-3 ziet er slecht uit. De antennen hangen slap naar beneden, de optische sensoren, de ogen van de robot, zijn mat.
,,Wat is er aan de hand? Wat scheelt je?" ,,Oh, niets", wil Robert hem geruststellen, ,,ik voel me alleen een beetje uitgebrand." Armstrong weet daar raad op: ,,dan zijn we precies op het juiste ogenblik op de juiste plaats. We staan namelijk net voor de afdeling "Uranus", onze werkplaats in de wereldruimte. Hier worden satellieten ruimtependels en raketten getest en gerepareerd. Bovendien is hier een speciale installatie voor het onderzoek van robots." Heel zwakjes vraagt M-3: ,,wawawat?" ,,Ja, hier werken ook de 'robot-dokters'", weet Armstrong. ,,Die spelen het klaar iedere robot weer op z'n rollen te zetten ! "
Moeizaam sleept M-3 zich voort om in de afdeling te komen. De chef van de afdeling is niet te overzien. Hij steekt niet alleen boven de bedrijvige robots uit, die op z'n hoogst een meter groot zijn, maar ook boven de menselijke medewerkers.
,,Kom maar binnen, als jullie een defect hebt. Zeker kan ik jullie helpen", roept hij met z'n diepe stem. ,,Aangenaam, mijn naam is Jan Panne! " stelt hij zich M-3 voor. Armstrong kent hem al lang. Ze hebben samen op de intergalactische hogeschool gestudeerd. ,,Hallo, Jan." De professor schudt hartelijk zijn hand, ,, leuk, je weer eens te zien. Kun je even kijken wat mijn assistent scheelt?" Panne buigt zich over M-3: ,,die loopt net nog op zijn laatste ampere." M-3 kan nog maar wat stotteren ,,strostrostroom!" Zijn controlediodes flikkeren merkwaardig. ,,Nou, dan moeten we maar eens kijken" vindt Panne, stroopt de mouwen van zijn witte jas op en haalt een schroevendraaier uit zijn zak.






*Roberts notitieblok*

*Je mag nooit een batterij met een kabel kortsluiten (tekeningA). De batterij wordt warm en is in minder dan geen tijd leeg. Een LED mag niet zonder weerstand (tekening B) gebruikt worden, ze gaat anders stuk. Zo is het juist: tekening C.*

**30** ,,Ik moet eerst even een batterijtester in elkaar zetten", zegt Panne.
Zijn testapparaat ziet er net zo uit als de tekening hier boven aantoont. Om de in het schakelbord ingebouwde batterij te testen, verbindt men ze via de draadbruggen X 1 en X 2 met ,,+" en ,,-" van de batterij. Panne sluit M-3 op de stroomvoorziening van Electronica aan en ontneemt de batterijen. Hij sluit ze op de batterijtester aan.

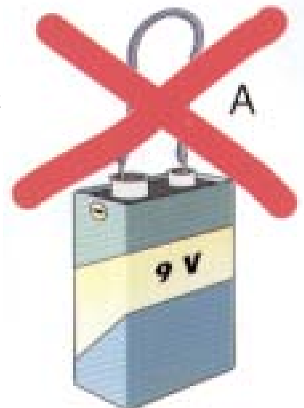


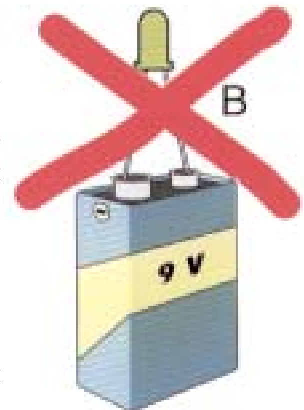
**31** Voor de eerste test gebruikt Panne voor R1 een weerstand van 1 kΩ (bruin-zwart-rood) en voor R2 een weerstand van 5,6 kΩ (groen-blauw-rood). Roberts batterij zorgt ervoor, dat de LED toch zwakjes brandt. ,,Nu, zo heel erg is't nog niet", kan Panne hem geruststellen. ,,Deze opbouw is zo aangelegd, dat de LED brandt, als de batterij nog meer dan 4,5 V spanning afgeeft, dus nog niet helemaal leeg is." ,,Een ogenblikje", vult de robotdokter aan, ,,zo meteen weten we meer."

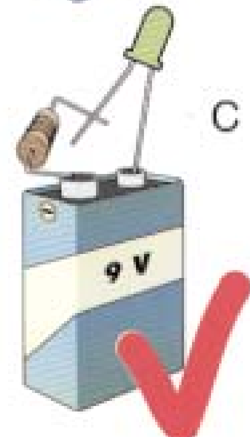
**32** Voor R1 neemt hij nu een 470 - Ω - weerstand (geel-violet-bruin), voor R2 steekt hij naast elkaar, dus ,,parallel", een weerstand van 5,6 kΩ (groen-blauw-rood) en een van 15 kΩ (bruin-groen-oranje); de plaats daarvan in deschakeling is in de tekening met stippellijntjes weergegeven .
Als Panne Roberts batterij aansluit, gebeurt er helemaal niets. ,,Daaruit is op te maken", deelt hij mee, ,,dat de batterij een spanning van minder dan 6 V afgeeft, dus bijna leeg is." ,,En zo", besluit Panne zijn betoog, ,,werkt het, als een batterij nog zijn volle spanning afgeeft.'

**33** R1 wordt nu vervangen door een weerstand van 470 Ω (geel-violet-bruin) en R2 door een weerstand van 5,6 kΩ (groen-blauw-rood). Alleen als Panne een batterij met een spanning van meer dan 7,5 V tegen het testapparaat houdt, brandt de LED. ,,Onze elektro-autos", verklaart hij, ,,zijn voorzien van 12-V-batterijen. Ook daarvoor hebben we een testapparaat gebouwd."

**34** Dit apparaat functioneert met dezelfde schakeling als de anderen, die we tot nu toe hebben gemaakt. Voor R1 gebruiken we nu echter een weerstand van 1 kΩ (bruin- zwart-rood) en voor R2 een weerstand van 15 kΩ (bruin-groen-oranje). Alleen als een 12-V-batterij werkelijk vol is, brandt de LED. ,,Nu weten we tenminste, hoe we M-3 kunnen helpen", zegt Armstrong opgelucht.



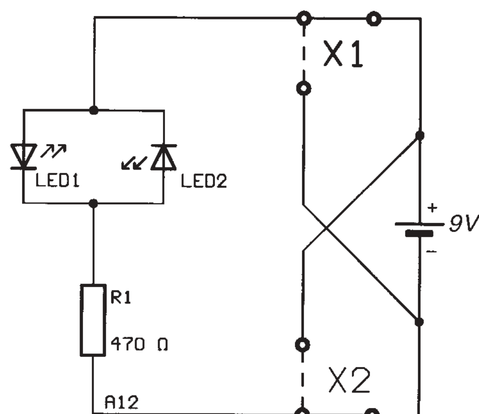



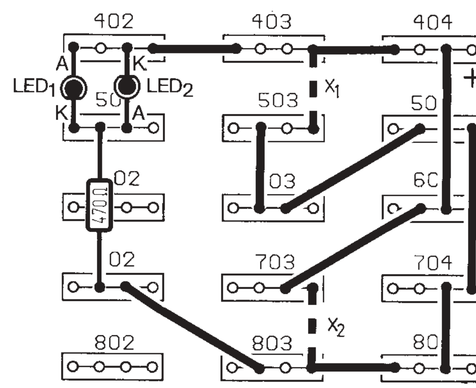



# Waar is plus, waar is minus?

*Roberts notitieblok*

*Aan welke aansluiting van een batterij zijn dan de elektronen? Armstrongs antwoord luidt: ,,daar de elektronen negatief geladen zijn (minus) bevind en ze zich natuurlijk aan de minpool van de batterij, terwijl aan de pluspool een - elektronen - tekort bestaat. Laat je niet verwarren door de gedachte dat een tekort iets negatiefs (minus) betekent. De volgende regel is geldig: negatief geladen elektronen gaan van de minpool (negatieve pool) van de batterij via de stroomkring naar de plus-pool. "*



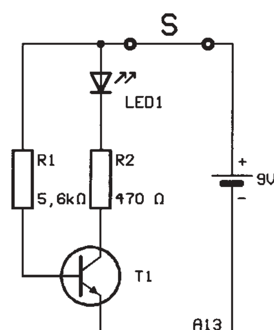

,,In de eerste plaats", verklaart Panne, ,,moeten we kijken, of onze vriend op de juiste polen aangesloten is." Hij sluit daarvoor Roberts batterij op een apparaat aan. ,,O.K., dat is in orde." Maar daar wil Armstrong meer van weten: ,,hoe kun je dat weten? En vooral: wat is dat voor een apparaat?" ,, Heel eenvoudig", antwoordt Jan Panne, ,,dat is een polariteittester." Hij toont de professor een tekening, die met de afbeelding hier boven overeenkomt.

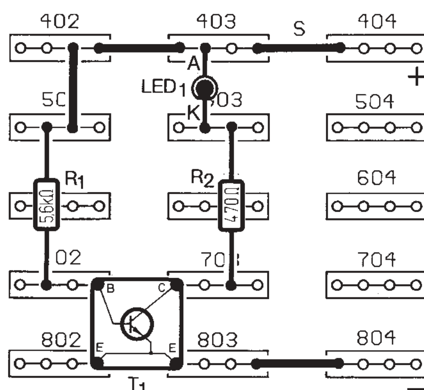
**35** Panne sluit de batterij op de schakeling aan zoals dat in de tekening getoond wordt. De rode LED begint te branden.

**36** Nu verandert hij de plaats van de draadbruggen zoals dat in het schema hier boren met de gestippelde lijn aangetoond is. Nu brandt de groene LED.

De robotdokter verklaart: ,,als we niet weten, welke pool van de batterij plus en welke minus is, dan sluiten we heel eenvoudig de batterij op het apparaat aan; al naar gelang welke LED begint te branden, weten we, waar de plus-pool en waar de minus-pool zit."

# Functioneren de transistoren?




,,Maar we weten nu nog steeds niet wat onze vriend Robert scheelt", zegt de professor bezorgd. De ervaren mecanicien heeft echter het vermoeden: ,,misschien zijn de transistoren de oorzaak! "

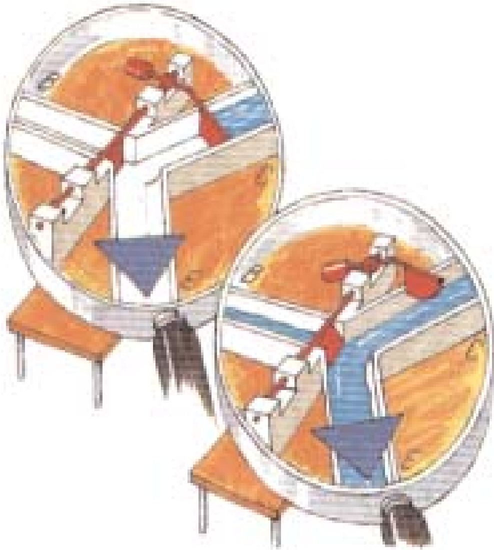
**37** Hij zet een transistortester in elkaar volgens de afbeelding hier boven. Indien de transistor in orde is, zal de LED branden.

Doet ze dat niet, dan moet men de transistor vervangen door een andere.

**38** Voor een tweede test trekt Panne gewoon de basisweerstand R1 eruit. Als de LED niet brandt, dan is alles in orde. Indien ze echter brandt, dan geleidt de transistor ook zonder basisstroom - en dat mag niet. Ook met de derde transistor van Robert brandt de LED niet. ,,Daar hebben we het defect al!" roept de professor verheugd. Door dat defecte onderdeel heeft Robert teveel stroomverbruikt." De mecanicien vervangt het meteen door een reserve onderdeel, terwijl Armstrong de batterij van M-3 vervangt. ,,Ik ben overgelukkig", straalt Robert. ,,De rekening sturen we dan naar de robot-ziekteverzekering" plaagt Panne. ,,Ach, nog iets", wil M-3 weten, ,,U zegt dat een transistor bij mij stuk was. Wat is eigenlijk een transistor?" ,,Dat is een goede vraag", vindt Armstrong, ,,daar zullen we meteen nader op ingaan."

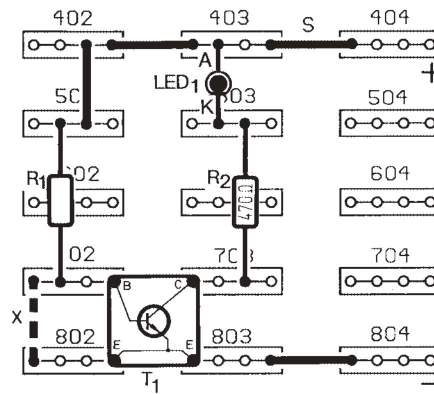
# Op welke wijze wordt de stroom versterkt?

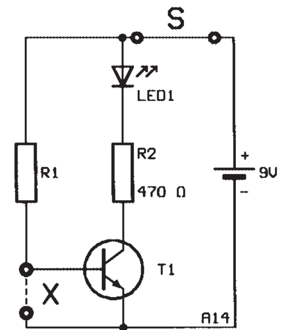
,,Een transistor", komt Armstrong op Roberts vraag terug, ,,versterkt de stroom; zijn functie kun je je goed voorstellen als je het watermodel met twee gekoppelde sluisdeuren op de volgende afbeeldingen, bekijkt. De bovenste afbeelding toont de afloop als er aan de basis niets gebeurt: via kanaal B komt geen water. Daardoor blijft de grote halfronde sluisdeur van kanaal C gesloten."



**39** Armstrong zet de schakeling voor de eerste transistorproef volgens de tekening aan de rechter kant hier boven in elkaar. Voor R1 gebruikt hij een weerstand van 15 kΩ (bruin-groen-oranje). De LED brandt: er loopt dus door de diode en de weerstand R2 stroom van de collector C naar de emitter E. ,,Heel algemeen", verklaart de professor, ,,betekent dat het volgende. Verbind je de basis van een transistor via een weerstand met de pluspool van een batterij, dan kan er van de collector stroom naar de emitter vloeien. Daaraan moet ik nog toevoegen: de weerstand voor de basis is heel belangrijk, omdat het voorkomt dat de basisstroom te sterk wordt. Door een te sterke basisstroom zou de transistor namelijk stuk gaan! "

**40** De professor trekt R1 eruit en plaatst daar de draadbrug - de gestippelde lijn in de tekening - in de schakeling. ,,Er gebeurt niets", merkt M-3 op. ,,Dat is ook geen wonder" zegt Armstrong. ,,De basis van de transistor is met de minpool van de batterij verbonden. Er kan geen basisstroom vloeien, dus is er geen stroom van de collector naar de emitter. De LED blijft dus donker."
,,Tot nu toe wordt er niets versterkt", moppert M-3. Armstrong wijst op de onderste afbeelding: ,,nu loopt er water door kanaal B en drukt tegen de kleine klep, die via een hefboompje met de grote halfronde klep verbonden is. De grote klep wordt door het kleine klepje omhoog getrokken, en kijk: het kleine stroompje bij B is al voldoende om van C een krachtige waterstroom naar E te laten vloeien." ,, Hmm", mijmert M-3, ,,maar in de transistor zijn er toch geen sluizen." Armstrong schudt met zijn hoofd: ,,het voorbeeld met de sluizen is een model, waarmee je je de functie makkelijker kunt




voorstellen." ,,Ik zou graag een paar proeven willen uitvoeren", stelt M-3 voor. ,,Natuurlijk, graag!"
,,Begrijp ik dat goed", concludeert Robert: ,,omdat er geen basisstroom vloeit, hebben we ook geen beschermende weerstand in het basiskanaal nodig." Armstrong is blij. ,,Dat heb je goed begrepen."

**41** De professor trekt nu de zoeven geplaatste draadbrug er weer uit. De LED brandt ook nu niet omdat de basis 'er zomaar bij hangt'. Ze krijgt natuurlijk ook geen stroom die de basisklep zou openen. ,,De 15 kΩ", denkt M-3 na, ,,die we in proef 39 voor R1 gebruikt hebben, zijn al heel wat. Functioneert onze stroomversterker ook met nog hogere basis - weerstanden?"

**42** Dat proberen we even . " Armstrong steekt voor R 1 een weerstand van 33 kΩ (oranje-oranje-oranje) in de schakeling. De LED begint te branden, want deze kleine stroom, die de weerstand kan passeren, is al voldoende om als basisstroom in het collector - emitter - kanaal stroom te laten vloeien.

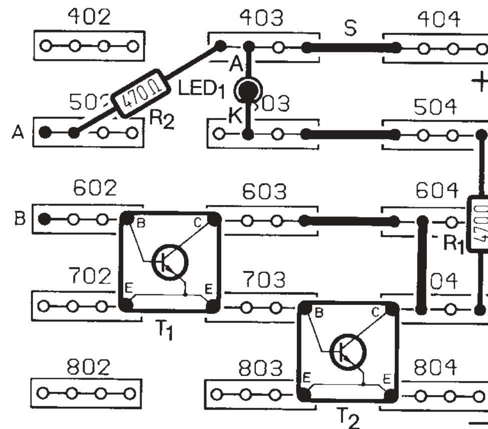
**43** ,,Nu wordt het extreem", voorspelt de professor en steekt voor R1 een 220-kΩ - weerstand (rood-rood-geel) in de schakeling. De LED brandt en toont daarmee aan, dat zelfs in dit geval nog voldoende basisstroom ter beschikking staat.
,,Jammer, de laatste proef met de transistor" zegt Armstrong, ,,kun je niet uitvoeren. Je grijphanden van metaal zijn daarvoor niet geschikt. "

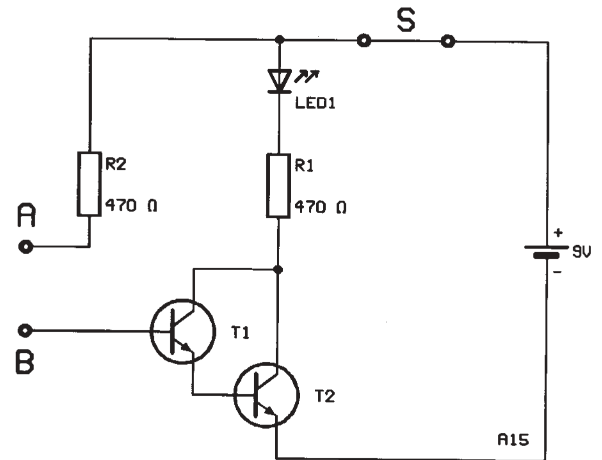
**44** De professor trekt R1 uit de schakeling, maakt zijn vingers een beetje nat en pakt met zijn duim en wijsvinger de twee klemveren vast waar eerst R1 tussen gezeten heeft. De LED brandt. ,,Mijn handen", verklaart hij, ,,hebben zeker een zeer hoge weerstand. Maar toch vloeit er voldoende stroom in de basis om de transistor geleidend te maken."

*<u>Roberts notitieblok</u>*

*,,Elke transistor heeft drie "pootjes. " Dat kun je aan ons transistormoduul zien. Aan het moduul zul je echter vier aansluitingen ontdekken: een van de transistorpootjes is verbonden met twee aansluitpennen.Op het moduul vindt je de opschriften B, C en E. B betekent basis, C collector en E emitter. Dat zijn de drie aansluitingen van een transistor. Je vindt ze ook op de afbeelding van het sluizenmodel."*

## De sensortoets is erg gevoelig





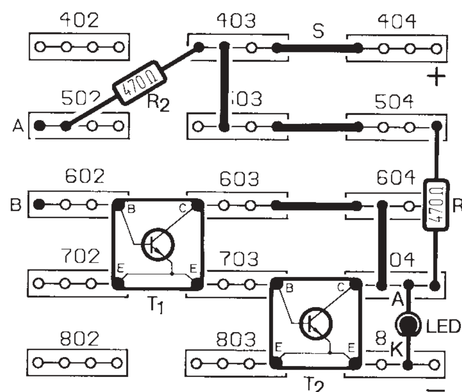

De deuren van de afdeling worden met een ruk van buiten opengeschoven. Twee robots dragen een derde robot naar binnen. Die voelt zich blijkbaar miserabel. Panne klopt voorzichtig over zijn ijzeren lijf. Plotseling strekt hij zijn arm uit en slaat met zijn knuist hevig op de rug van de arme robot. ,,Nou, dat dacht ik wel", roept Panne: ,,contactproblemen van de sensortoetsen. Vaak helpt daar alleen maar een shocktherapie".

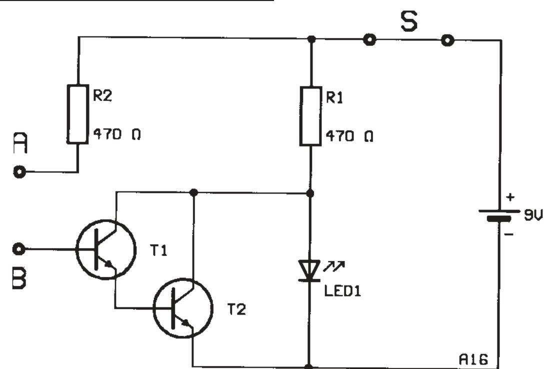
" M-3 vraagt: ,,wat is eigenlijk een sensortoets?" Armstrong neemt het woord: ,,een sensortoets is niets anders dan een schakelaar. Weliswaar hoef je de schakelaar niet te bewegen. Het is voldoende hem zacht aan te raken, en het apparaat functioneert al." ,,Stop", onderbreekt Panne, ,,we tonen dat nu even met een voorbeeld aan."

**45** Hij zet een schakeling met een sensortoets in elkaar. Ze komt overeen met de tekening hier boven. De professor raakt met een droge vinger punt A van het apparaat aan en met een andere, eveneens droge vinger van dezelfde hand punt B.

De LED gaat aan. ,,Bekijk toch nog eens het schakelschema", zegt Armstrong tegen Robert. ,,Je kunt toch zeker zeggen, hoe de stroom vloeit." M-3 zit er lang over te peinzen en merkt dan op: ,,via uw vingers loopt een miniem stroompje naar de basis van de transistor T1. Die versterkt de stroom. Maar omdat zijn emitter direkt op de basis van T2 geschakeld is, functioneert de emitterstroom van T1 als basisstroom van T2. De stroom wordt daar op nieuwversterkt, en de versterkte stroom is voldoende, om de LED te doen branden."

## Er is niet veel voor nodig, en de LED gaat uit




,,Kom, we gaan nog een experiment uitvoeren" stelt Armstrong voor. ,,En als je dat ook kunt verklaren, word je tot transistorexpert benoemd."

**46** Hij zet een tweede sensorschakeling volgens de afbeelding in elkaar. De LED begint te branden, maar gaat meteen uit, als de professor op dezelfe manier als in de voorafgaande proef de punten A en B aanraakt. ,,Nou, wat zeg je nu daarvan?" vraagt de professor uitdagend. ,,Als u met uw vingers van de schakeling wegblijft", probeert M-3 te verklaren, ,,vloeit er stroom via R1 en de LED. De LED brandt dus. Zodra u A en B aanraakt, komt er wat stroom in de basis van T1, die versterkt wordt. Net zo als in de voorafgaande proef vloeit de emitterstroom van T1 direct naar de basis van T2 en wordt daar nog eens versterkt. Of met andere woorden: de stroom neemt zijn weg niet meer via de diode, maar veel gemakkelijker via T2. De LED blijft donker. "

De hoofdmecanicien Panne wil zijn gereedschap in zijn jastas stoppen, maar M-3 stoot hem per ongeluk. Alles wat Jan wilde wegstoppen - en nog veel, veel meer - valt niet gewoon op de grond maar zweeft nu in de ruimte rond. ,,Oh, sorry", stamelt Robert, ,,wat stom van mij." ,,Dat gebeurt zo nu en dan", vindt Panne. ,,Wil je me even helpen, de spullen te verzamelen?" ,,Ja, natuurlijk", zegt de hulpvaardige robot. Met zijn grijphanden pakt hij schroevedraaier en hamer, schuifmaat en zakcomputer, weerstanden en transistoren, batterijen en ..........,,Wat is dat voor een eigenaardig ding?" vraagt M-3 verwonderd en bekijkt een klein, rond, dik onderdeel met twee poten. ,,Dat is een condensator", verklaart Panne. ,,We hebben hem al een paar keer gebruikt, maar het is niet ter sprake gekomen, welke functie hij vervult." ,,Welke functie vervult hij dan wel?" wil Robert weten.

,,Heel goed dat je dat vraagt", prijst Panne hem. ,,Een condensator bestaat eigenlijk uit twee metalen platen, die met een afstand ertussen elkaartegenover staan. Elektronen kunnen niet over die afstand heenspringen en daarom vloeit er geen stroom door de condensator. Als je hem onder spanning zet, gebeurt het volgende: op de ene condensatorplaat hopen zich namelijk massaal elektronen op, terwijl er uit de andere plaat elektronen weggehaald worden. Neem je op dat ogenblik de condensator weg uit de stroomkring, dan heeft hij elektronen opgeslagen: de condensator gedraagt zich dan als een batterij, alleen met een veel kortere levensduur."

,,De condensator", dringt M-3 aan, ,,heeft op de ene kant een plusteken en op de andere kant een minteken. Bovendien zie ik aan de pluskant een inkeping. Wat betekent dat?"

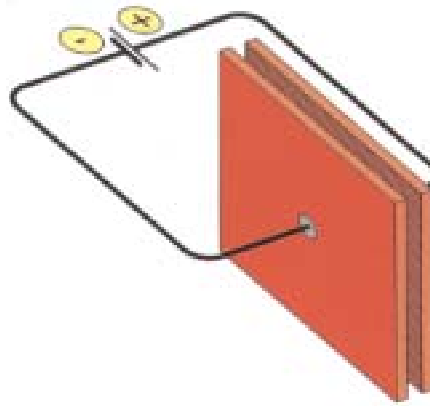
Ook op die vraag weet Panne een antwoord: ,,dat is een speciale condensator, die de experts "elektrolyt - condensator " noemen . De naam vinden zelfs de vaklui te lang, daarom gebruiken ze de afkorting ,,elco". Hij moet altijd in de juiste richting in de schakeling worden geplaatst, dus plus bij plus en minus bij minus. In onze schakelschema's wordt steeds aangetoond, welke richting juist is."

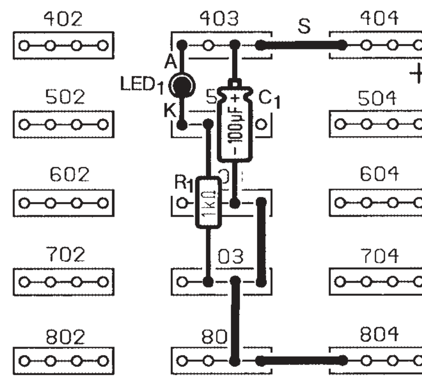
,,In uw verklaring heeft u over platen gesproken. Maar waar zijn in dat ronde deel die platen?" vraagt Robert. ,,Om plaats te besparen", verklaart Panne, ,,gebruikt men vaak voor de condensatoren geen platen, maar vliesdunne metalen folies die door heel dunne isoleerfolies van elkaar geïsoleerd zijn. Deze laagjes folies worden vervolgens opgerold."

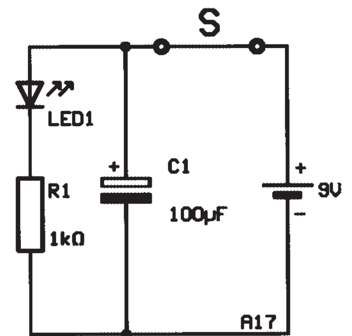
,,Ik wilde de functie van een condensator nog even repeteren", onderbreekt Armstrong weer: de condensator dient als elektronenopslag. Als hij leeg (ontladen) is en zijn aansluitingen spanning opnemen, vloeit er stroom, d.w.z. er stromen elektronen in de condensator tot hij vol (geladen) is; al naar capaciteit kunnen dat heel veel of ook maar weinig elektronen zijn. In volle toestand gebeurt er in en om de condensator absoluut niets meer, er vloeit geen stroom - de condensator blokkeert, er kan niets van de ene metaalfolie naar de andere over springen. "

,,Als men de spanningsbron van de geladen condensator of de condensator uit de schakeling verwijdert", vervolgt Panne, ,,dan is hij - net als een emmer water - tot aan de rand gevuld: natuurlijk niet met water, maar met elektronen. Net als een kleine batterij heeft hij een plus- en een minpool."

,,En net zoals ik een emmer kan leeggieten en daarmee een waterstroom veroorzaak", weet M-3, ,,kan ik ook die elektronen weer vrijlaten, dus de condensator ontladen. Via een draad of een weerstand of iets dergelijks, dat de stroom geleiden kan, verbind ik de condensator-aansluitingen en kijk: er stroomt zo lang elektriciteit, tot de condensator weer leeg, dus ontladen is. Overigens vind ik dat we nu wel genoeg theorie hebben gehad. Ik zou heel graag weer een experiment uitvoeren!"




**47**

,,Dat kan", antwoordt Armstrong en zet volgens het schakelschema hier boven een kleine schakeling in elkaar, die aantoont, hoe de condensator functioneert. Voor R1 kiest hij een weerstand van 1kΩ (bruin-zwart-rood) en voor C1 een condensator van 100 µF. De LED brandt. Dan verwijdert Armstrong de draadbrug tussen de pluspool van de batterij en de condensator, zodat de stroomkring onderbroken is. De LED gaat niet meteen uit maar glimt nog een ogenblikje na. Gedurende dit ogenblikje wordt ze door de elektronen, die de condensator opgeslagen heeft en na het afklemmen van de batterij afgeeft, van stroom voorzien.

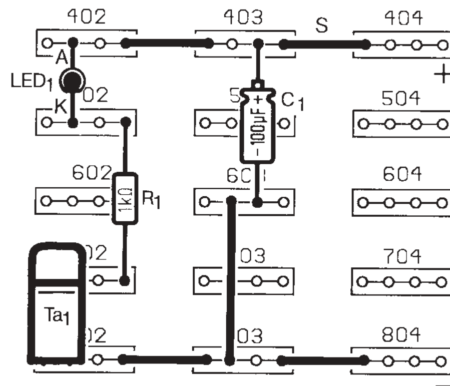
*<u>Roberts notitieblok</u>*

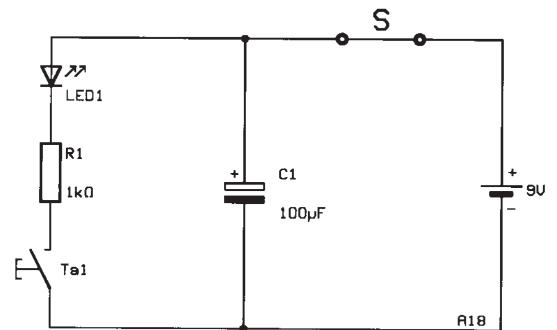
*Al naar condensatortype kunnen veel of weinig elektronen worden opgeslagen. Men spreekt dan van verschillende capaciteit. Deze capaciteit wordt gemeten in ,,Farad", een benoeming die van de Engelse natuurkundige Michael Faraday (1791-1867) komt. Onze condensatoren hebben meestal heel kleine capaciteiten. Een miljoenste deel van de eenheid farad noemen de vakmensen mikro - farad (afgekort F), een milliardste deel heet nanofarad (afgekort nF).*

## Flitslicht voor een heel kort ogenblikje

Via een onzichtbaar geInstalleerde luidspreker wordt met heldere stem - zonder het knarsende geluid van vroeger - een oproep doorgegeven: ,,meneer Panne, wilt u a.u.b. naar het lanceerplatform komen, meneer Panne a.u.b. naar het lanceerplatform komen! " ,,Oh, ik word gebruikt", zegt Jan Panne. ,,Daar bij de raket-tenstarts is blijkbaar een reparatie nodig, die mijn robots niet alleen kunnen uitvoeren. Panne en Armstrong zweven, Robert rolt naar de service-dienst voor de reuzenraketten, van waar ook sommige raketten - vooral de onbemande materiaaltransport-raketten - starten.
Robert laat even zijn hallo - LED branden, want tot het serviceteam behoren een paar van zijn broers en zussen. "Anna M-3, Bert M-3, Catharina M-3, Donald M-3, Emma M-3 - jullie zijn allemaal hier! " roept hij vrolijk. ,,En 't werk, hebben jullie er plezier in?" De M-3 's klagen in koor: ,,zo meteen moet weer een raket starten, maar plotseling zit je dan nog met proble-men. 't Is altijd dezelfde stress! " ,,Nou, die problemen met de eerste trap zullen we heel vlug oplossen", stelt Panne ze gerust en verdwijnt tussen een chaos van kabels, buizen en platen. ,,Hoe heb jij 't getrof-fen?" fluistert de rosekleurige Anna M-3. ,,Je kunt gerust harder praten", antwoordt haar broer Robert, die precies 8 minuten jonger is, ,,over de professor kan ik alleen het beste vertellen." ,,Dank je wel, hoor", lacht Armstrong, die met open oren stond te luisteren. ,,Maar een minder goede eigenschap heeft hij toch", vervolgt Robert zonder verlegen te worden, ,,hij is ontzettend nieuwsgierig " Maar daartegen moet de professor toch protesteren: ,,nieuwsgierig-heid, vind ik, is meestal een positieve eigenschap." Door het flitslicht van een LED wordt hun gesprek onderbroken. ,,Kom, we moeten vlug dekking zoe-ken", waarschuwt Anna, ,,in een paar seconden start de raket."
,,Waar zit Panne?" vraagt Robert bezorgd. ,,Maak je geen zorgen, die komt wel terecht, hij is hier immers goed bekend", vindt de professor. Maar daar komt de hoofdmecanicien al aanzweven: ,,kom, we gaan onmiddellijk achter de schermen, anders smeulen jullie hersensbedrading en werkgeheugen!"
Ze hebben amper tijd om de met speciaal pantser-glas beveiligde ruimte te bereiken, zo snel start de transportraket met donderend lawaai. De raket schiet omhoog en vindt computergestuurd haar weg naar de aarde. ,,De reparatie en de start zijn gelukt", zegt Panne tevreden. ,,Dat korte flitslicht, waarmee wij voor de start werden gewaarschuwd, waar kwam dat eigenlijk vandaan?" vraagt Robert. Nu komt het ver-heven ogenblik voor zijn oudere zusje: ,,dat was een mini - flitslicht, dat bouwen we hier. Zou je er graag een willen hebben?" En of Robert dat wil.

**48** Anna zet de schakeling volgens de te-kening in elkaar. Voor R1 neemt ze een 1 - kΩ - weerstand (bruin-zwart-rood), voor C1 een 100 - µF - condensator. Dan trekt ze de draadbrug tussen de pluspool van de batterij en de condensa-tor eruit en drukt op de toets Ta1. De LED brandt korte tijd. ,,Hoe komt dat?" test Panne zijn metalen medewer ster. Anna begint wat op te scheppen: ,,dat is toch heel eenvoudig, als je de brug S in de scha-keling steekt, dan wordt C1 opgeladen en als je de brug S eruit trekt, dus de batterij afklemt, zou je daardoor de condensator ontladen, maar dat gaat niet omdat de leiding door de LED onderbroken is door de open toets. Pas als je op de toets drukt, geeft de condensator zijn opgeslagen elektronen af en doet de LED korte tijd branden." ,, En als je een andere condensator gebruikt?" wil Robert weten.




**49** Anna steekt nu voor C1 een 10 - µF - con-densator in de schakeling en voert de proef op dezelfde manier uit als de vorige. De capa-citeit van de condensator is minder, d.w.z. hij kan dus minder elektronen opslaan en weer afgeven.

**50** Anna gebruikt nu op dezelfde manier voor de onveranderde opbouw een condensa-tor C1 met een cap citeit van slechts 6,8 nF. Het lijkt alsof er helemaal niets gebeurt. Maar Anna weet wel, wat er aan de hand was: ,,de condensator heeft wel degelijk elektronen opgeslagen, echter zo weinig, dat hij heel snel ontladen werd. Die korte ontl adingstijd was niet voldoende, om een zichtbare glimp te ver-oorzaken. De capaciteit van 6,8 nF is voor deze proef te klein."

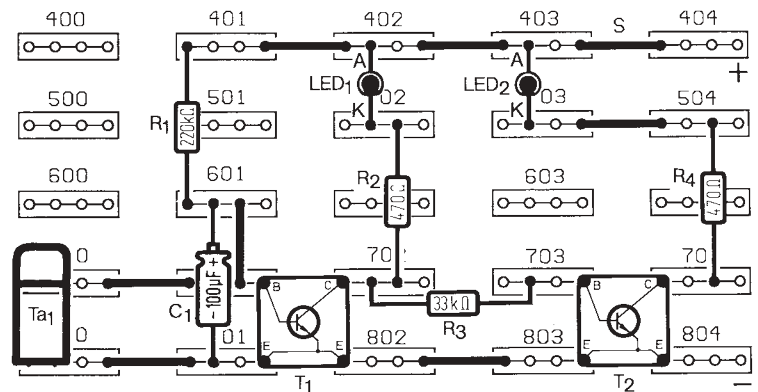
<u>*Roberts notitieblok*</u>

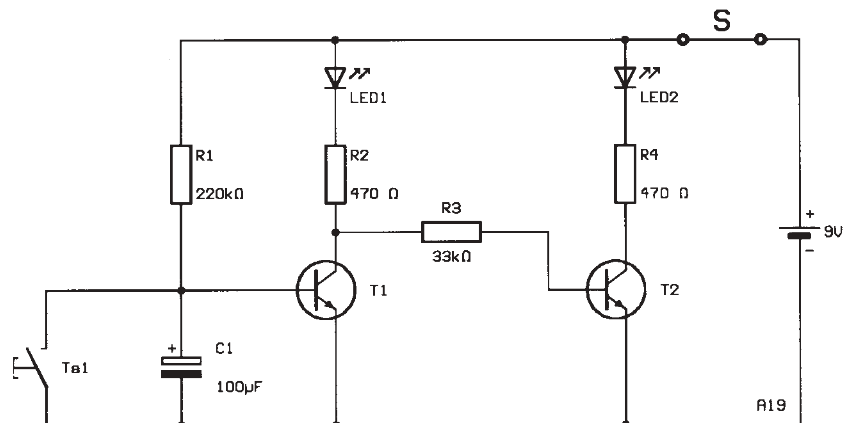
*Net als de weer-standen kan men natuurlijk ook con-densatoren achter elkaar (in serie) of naast elkaar (paral-lel) schakelen. In serie geschakelde condensatoren hebben een gerin-gere, parallel geschakelde condensatoren hebben een grotere capaciteit*

,,De motoren van raketten moeten immers", begint Panne met de verklaring van de volgende reeks experimenten, ,,binnen een bepaalde tijd op volle toeren komen. Of dat dan werkelijk het geval is, onderzoeken wij op de teststand." Robert draait zijn hoofd een keer helemaal rond - robots kunnen dat - en kijkt dan in een bepaalde richting. ,,Is dat daar ginds misschien de test - stand, waar je steds weer een lichtschijn ziet en lawaai hoort?" ,,Kom, daar gaan we naar toe", stelt Panne zijn gasten voor.
Ook Anna M-3 rolt mee. ,,Dan beginnen we maar", zegt Jan tegen de robots, die de grote, zware motoren, die hier echter gewichtloos zijn, heen en weer bewegen. ,,Willen jullie me even zulk een reuzending in de testinstallatie leggen", zo gezegd, zo gedaan. De knappe robots sluiten slangen aan, verbinden draden. ,,Klaar", roept een robot Panne toe.
Met een druk op de knop start hij de motor, tegelijkertijd drukt hij op de toets van een schakeling, waar tot nu toe een rode LED brandde. Die rode LED gaat onmiddellijk uit, en nu licht een groene LED op. Na een paar seconden gaat de groene LED weer uit, en de rode begint weer te branden. ,,Gedurende de tijd dat de groene LED brandt, moet de machine op volle toeren lopen", vertelt Panne. Robert stelt niet zo veel belang in de motoren, die zoveel lawaai maken. Hij interesseert zich meer voor de schakeling: ,,kunnen we ook zulk een stopwatch met twee LED's van verschillende kleur bouwen?" Ook nu komt zijn zusje Anna hem te hulp.

**51** Ze zet de schakeling volgens de tekening hierboven in elkaar. Nadat ze de batterij aangesloten heeft, brandt de rode LED, terwijl de groene donker blijft.

**52** Nu drukt Anna kort op de toets Ta1, zoals Panne dat net gedaan heeft, toen hij de motor in gang zette. Inderdaad, de schakeling functioneert precies eender als die van Panne: na een druk op de toets gaat ,,rood" uit, en ,,groen" brandt. Na enkele seconden is 't weer omgekeerd: ,,rood" aan en ,,groen" uit.
Anna kan dat ook haar broer, die ongelovig en tegelijk gefascineerd is, nader verklaren: ,,opdat je het makkelijker kunt begrijpen, begin ik met de situatie, die ontstaat als de toets ingedrukt wordt. Dat heeft twee dingen tot gevolg: ten eerste wordt C1 in een klap ontladen, ten tweede wordt T1 geblokkeerd waardoor LED1 uit gaat. Als echter T1 blokkeert, dan vloeit van de pluspool van de batterij via LED1 en de weerstanden R2 en R3 stroom naar de basis van T2; deze transistor wordt geleidend, en de groene LED2 gaat aan."
Tot nu toe heeft Robert alles begrepen.
,, Maar wat gebeurt er", wil hij nog weten, ,,als je de toets los laat?" Ook daarvoor heeft Anna een verklaring: ,,C1 begint via R1 met de oplading. Na een poosje is hij zo vol, dat er ook een beetje stroom naar de basis van T1 vloeit. T1 wordt daardoor geleidend en de rode LED1 gaat aan. De totale stroom vloeit nu echter via de LED1 en R2 door de geleidende transistor 1 en niet meer via




R3 naar de basisvan T2. Het gevolg is: T2 blokkeert, en de groene LED 2 gaat uit. Bovendien is het heel eenvoudig", vervolgt Anna, die echt in vaart gekomen is, ,,als je ook kortere periodes wilt meten, die dan via de LED's kunnen worden aangetoond."

**53** Met haar grijphand trekt ze de 220 - kΩ - weerstand R1 (rood-rood-geel) eruit en vervangt deze door een weerstand van 100 kΩ (bruin-zwart-geel). De LED's branden na de druk op de toets in dezelfde volgorde. De groene LED brandt nu echter veel korter. Natuurlijk moet Anna weer vertellen, wat er gebeurd is: ,,hoe snel of hoe langzaam een condensator laadt of ontlaadt, hangt van twee dingen af: ten eerste van de capaciteit van de condensator en ten tweede van de ohmwaarde van de weerstand via welke hij laadt of ontlaadt. In het voorafgaande experiment had - den wij in plaats van de 100 - kΩ - weerstand een 220 - kΩ - weerstand in de schakeling. Daardoor had de condensator meer tijd voor het opladen nodig."
,,Weet je, waaraan me dat herinnert?", vraagt Robert Anna. ,,Aan een van de vele ouderwetse verkeerslichten op de aarde. Je wilt een straat met vele zacht brommende solar - auto's oversteken. Je rolt naar het zebrapad - ja, dat bestaat echt nog steeds -, je drukt op een knop en het verkeerslicht wisselt voor korte tijd voor de 'voetgangers' naar groen."

*<u>Roberts notitieblok</u>*

*Door vakmensen wordt de lichtgevende diode vaak kort LED genoemd. Dat is een afkorting van de Engelse uitdrukking “Light Emitting Diode” wat hetzelfde betekent als lichtgevende diode.*

## De afdeling ,,Venus": residentie van het schoonmaakteam

De professor geeft het vertreksein: ,,we hebben nog zo veel voor ons, dat we al bijna te lang hier zijn" verontschuldigt hij zijn haast. Robert activeert zijn gevoeligheidskaart en neemt met ontroering afscheid van zijn broers en zussen: ,,we komen ons heel zeker weer spoedig tegen. " ,, En waar gaan we nu naar toe?" vraagt Robert nieuwsgierig. ,,Op ons bezoekprogramma", deelt Armstrong mee, ,,staat nu de afdeling 'Venus'. Door middel van uitgekiende elektronika zorgen de collega's in die afdeling ervoor dat het heelal schoon blijft."

De obligatorische sluis passeren ze zonder storingen. Robert rolt in de richting van ,,Venus", de professor heeft zijn karabijn weer vastgehaakt aan het verkeersnet. Zo schieten ze weg. Plotseling wordt Armstrongs tempo langzamer en door het automatische systeem van de snelheidcontrole remt ook Roberts vaart: ,,oh, verdorie, waarschuwing 'werk - in - uitvoering', stelt M-3 vast, "als we maar niet in een robot - file terechtkomen. "

,,Gelukkig niets ernstigs", constateert Armstrong als ze naderbij komen, ,,'t is alleen de omkleding van de leidingen voor de algemene voorzieningen die in de weg ligt." Robert vindt het eigenlijk interessant: ,,zo kan ik eens kijken, wat er allemaal voor leidingen in de wanden van de gangen liggen."

Hij strekt zijn optische sensoren uit en ziet leidingen voor water, afwater, zuurstof en slechte lucht. ,, Daar ginds die strengen, die zo dik zijn als een arm, zijn de stroomkabels", verklaart Armstrong, ,,in de transparente buizen flitst de post naar de ontvanger." Heel langzaam passeren ze de plaats van het ongeval. Als ze net weer de normale snelheid bereikt hebben, huilt een alarmsirene schril en doordringend.

,,Wat moet dat nou weer", merkt M-3 geïrriteerd op. ,,Als je die toon hoort", weet Armstrong, ,,moeten de mensen en robots heel vlug veilige ruimtes opzoeken, omdat er gevaar bestaat, door naderende objekten te worden getroffen." Ze bereiken een veiligheidskamer, die voorzien is van een venster uit pantserglas.

Vol verwondering ziet M-3, hoe vanuit een nabij gelegen afdeling - 't is ,,Venus" - ruimtevaartuigen opstijgen. Met reusachtige slurven ,,zuigen" ze talloze schroeven, moeren en metalen splinters op, die als een gevaarlijke wolk op het station afkomen. Blijkbaar was de actie succesvol, want reeds na een paart minuten wordt het signaal ,,veilig " gegeven. ,,Velen van onze voorvaderen", windt de professor zich op, ,,hadden niet het minste begrip voor ecologie. Satellieten, die ze niet meer nodig hadden, hebben ze gewoon in honderdduizende stukken opgeblazen. En nu hebben wij enorme problemen met al die rommel. Kortgeleden werd zelfs een space shuttle door een bierblikje uit de twintigse eeuw getroffen." M-3 bereikt voor Armstrong de poort van ,,Venus" en tikt de universele code, die de professor verklapt heeft. Robert rolt alvast de afdeling naar binnen. In 't begin neemt niemand notitie van hem, maar dan komt een robot knarrend op hem af. ,,Oh jee, nou zullen we 't hebben, dat is er een uit de bouwserie M-1! denkt Robert. " Hallo, mijn naam is Robert M-3, ik ben hier voor 't eerst op bezoek op Electronica" stelt hij zich aan de oude collega voor. Maar die bromt maar wat en wil niet veel daarvan weten. ,,Ik ben de nieuwe assistent van Sirius Armstrong" vult Robert aan. ,,Dat verandert de zaak natuurlijk", draait M-1 bij. ,,Armstrongs vrienden zijn ook mijn vrienden. De professor heeft heel lang geleden mijn stroomkring in orde gebracht. 't Miste niet veel, en ik was op de afvalhoop terecht gekomen. Ja, toentertijd dat de eerste ruimtestations vlogen, - ze waren kleiner dan een enkele afdeling van Electronica - hadden we met grote problemen te maken, maar dat gelooft nu niemand meer ..."

De naar binnen vallende professor onderbreekt de woordenvloed van de oudere robot. ,,Ellendige zwartekracht", moppert Armstrong, ,, ik weet natuurlijk, dat de mensen in deze afdeling de zwaartekracht nodig hebben, omdat anders voortdurend de afval om hun oren zou vliegen." M-3 ontdekt in zijn opslag ,,wijsheid van het leven" een passende spreuk: ,,men mag de zwaartekracht niet licht opnemen - dat staat al bij Newton, en dat is al heel, heel lang geleden!" ,,Houd even de luidspreker vast", bromt de professor. ,,Wat doe je eigenlijk hier?" wil hij van de brutale robot weten. ,,Ik dacht eigenlijk..." stottert Robert, maar M-1 onderbreekt hem: ,,bijna had ik hem vanwege zijn onbehoorlijk indringen uit de afdeling gezet, maar toen hij vertelde, dat hij uw nieuwe assistent is, moest ik hem natuurlijk het een en ander van vroeger vertellen."



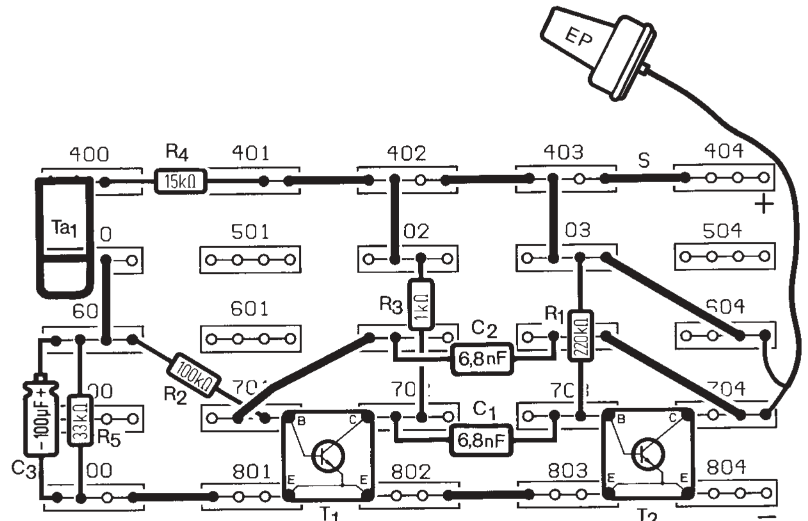
,,Beste Hans M-1", klopt Armstrong op zijn metalen mantel, die hier en daar al wat begint te roesten, "zou je wel mijn weetgierige assistent kunnen verklaren, hoe dat met het gezang van de sirenen in elkaar zit?" ,,Ja, natuurlijk, graag", begint Hans zijn verklaring, ,,dus toentertijd,dat was in 2001, hebben we steeds, ..herinnert u zich ..." Armstrong vreest al, dat Hans zijn verhaal te lang wordt: ,,hoe zat dat met de sirene?"
,,Oh, ik merk 't al" concentreert M-1 zich nu, ,,zelfs u stelt geen belang meer in al die dingen van vroeger. Voor mijn part dan: de sirenenschakeling is echt simpel."

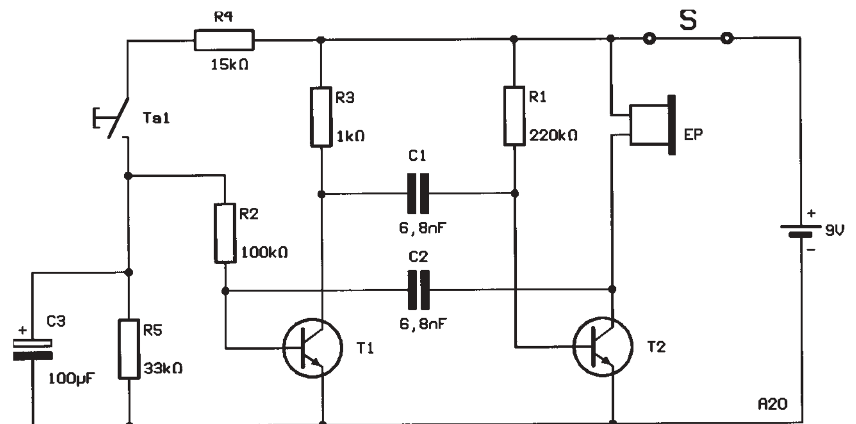
**54**

Armstrong rijkt M-1 zijn tas met bouwelementen aan. M-1 zet de schakeling volgens de afbeelding rechts in elkaar. Het eigenaardige stekkertje EP is de oortelefoon. EP is de afkorting van het Engelse woord ,,ear phone", wat gewoon ,,oortelefoon" betekent. Natuurlijk grijpt Robert meteen naar de oortelefoon en stopt hem in zijn akoestische sensoren. ,,Ik hoor helemaal niets!" zegt hij teleurgesteld. ,,Dat kan ook niet" schudt M-1 zijn hoofd, ,,we hebben immers de alarm - toets nog niet bediend."

**55**

Robert drukt heel ijverig op de toets Ta1 en houdt zijn metalen grijper een heel poosje op de toets voordat hij die weer los- laat.
Zolang Roberts ,,vinger" de toets ingedrukt houdt, zwelt de toon aan; nadat hij losgelaten heeft, wordt de toon lager.
,,Zulke schakelingen", vindt Hans, ,,begrijpen zelfs robots uit oudere montageseries meteen. Zal ik de schakeling wat nader toelichten voor het jonge ventje?" Armstrong knikt toestemmend. ,,Voordat je op de toets drukt, wordt de basis van de transistor T1 niet van stroom voorzien, en de sirene laat geen enkele toon horen. Als de toets gedrukt is, vloeit een groot gedeelte van de stroom naar de lege condensator C3; een beetje stroom komt echter via R2 in de basis van T1 terecht. Hoe voller C3 echter wordt, des te minder stroom kan hij opnemen, zodat T1 meer stroom voor zijn basis ter beschikking krijgt. Dit leidt tot een langzaam stijgende toon. Zodra je de toets loslaat, levert C3 stroom aan de basis van T1. Deze stroom neemt natuurlijk af, de toon wordt lager. Als C3 leeg is, kan hij natuurlijk ook geen basisstroom meer afgeven, en de sirene houdt op."



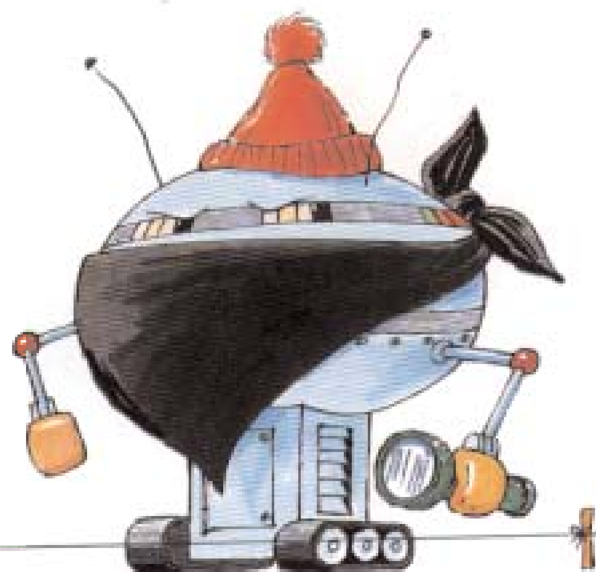




**56**

,,Als je een langzamer tempo van het aan- en afzwellen van de toon wilt bereiken", verklaart Armstrong het volgende experiment, ,,dan trek je eenvoudig de weerstand R5 uit de schakeling." Robert wil natuurlijk zelf even de proef op de som nemen. Inderdaad, de toon zwelt na de druk op de toets wat langzamer aan en wordt, nadat Robert de toets weer losgelaten heeft - net zo langzaam lager.

*<u>Roberts notitieblok</u>*

*,,Zulke schakelingen noemen de vakmensen toongeneratoren, omdat ze tonen kunnen opwekken. We zullen later nog een paar schakelingen van dit soort nader bespreken ", belooft Armstrong zijn assistent.*





## Waarschuwing via de schakeling: aarde!

,,Eergisteren gebeurde het" vertelt Hans over het dagelijkse leven op 'Venus', ,,dat een van onze ruimtestofzuigers de route gemist had, omdat hij een groot stuk metaal, dat in de richting van de aarde vloog, vervolgde om het op te vangen. Plotseling merkte de piloot dat het ontzettend warm werd. Hij was terecht gekomen in de bovenste luchtlaag van de aarde. Maar daarvoor zijn onze space shuttles niet geconstrueerd; ze zijn alleen voor manoevres in de luchtledige ruimte geschikt."

,,Dan zou je toch echt een hittemelder moeten construeren" concludeertArmstrong.

**57** En meteen begint hij met het ontwerp van een hittemelder, dat precies overeenkomt met de tekening hieronder. M-3 zet de schakeling in elkaar. De LED brandt, maar Robert vindt dat heel normaal. ,,Ja, en nu?" Hans tikt tegen zijn metalen voorhoofd: ,,hier valt er ook geen bijzondere hitte te melden."

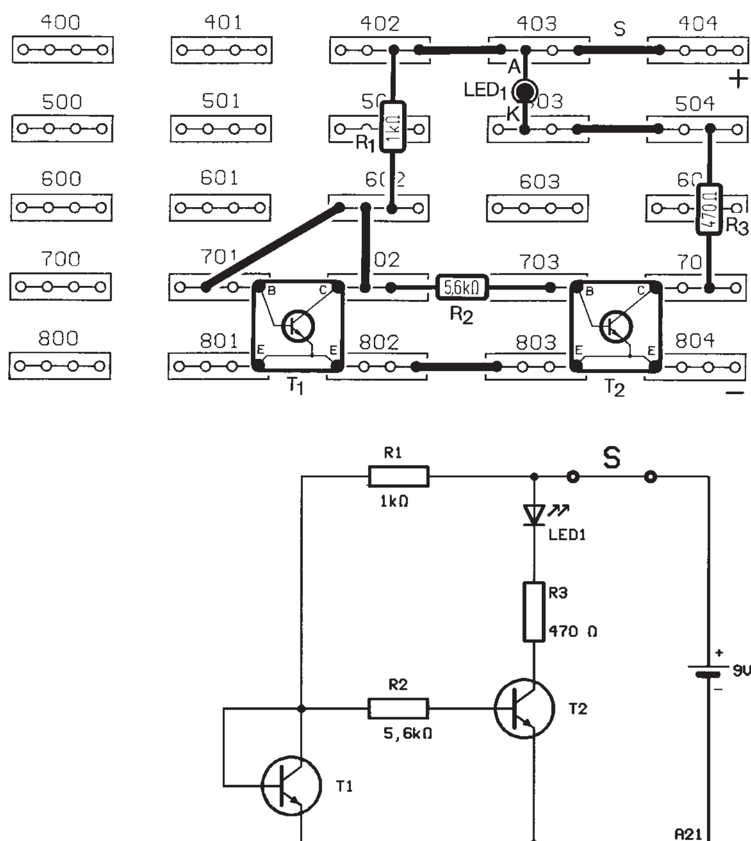
De professor doet het voorstel, een gewone haardroger te gebruiken. ,,Zulk een apparaat heb ik niet bij me", verklaart M-3. ,,Tenslotte groeit er geen enkel haar op mijn hoofd." Maar je zult er verstomd van staan, wat er van alles in Armstrongs tas zit. ,,Alsjeblieft", zegt hij en tovert een haardroger te voorschijn.

**58** Met de droger blaast hij voorzichtig warme lucht op de transistor T1. Hij let erop dat hij de transistor T2 niet met die warme luchtstraal raakt. Daarvoor houdt hij een stuk karton voor T2. Hoe warmer T1 wordt, des te donkerder wordt de LED, die tenslotte bijna helemaal uitgaat. Zodra Armstrong de haardroger uitschakelt, koelt de transistor af en wordt de LED steeds helderder tot ze weer na een a twee minuten de oorspronkelijke stand bereikt. ,,Door de verwarming", verklaart de professor, ,,wordt het element in principe niet veranderd, het functioneert na de afkoeling weer normaal."

**59** ,,De afkoeling kan men toch zeker ook wat versnellen", oppert Robert. Hij verwarmt de transistor T1 weer voorzichtig. Zodra de LED bijna uit is, blaast hij met zijn koelapparaat (mensen kunnen ook gewoon blazen) op de transistor. De transistor ,,herstelt" zich snel en de LED brandt weer helderder.

Nu test Armstrong de beide robots: ,,waarom wordt bij deze experimenten de LED eigenlijk donkerder?" M-3 aarzelt wat, terwijl M-1 onmiddellijk het antwoord weet: ,,wanneer T1 warmer wordt, laat hij steeds meer stroom door. Daardoor vloeit er steeds minder stroom via R2 naar de basis van T2 en ook minder stroom door de LED, R3 en T2. Het resultaat hebben we immers zelf gezien."

,,Ik zal", besluit de professor, ,,in de centrale voorstellen, in alle ruimtezuigers deze grandiose uitvinding te installeren."



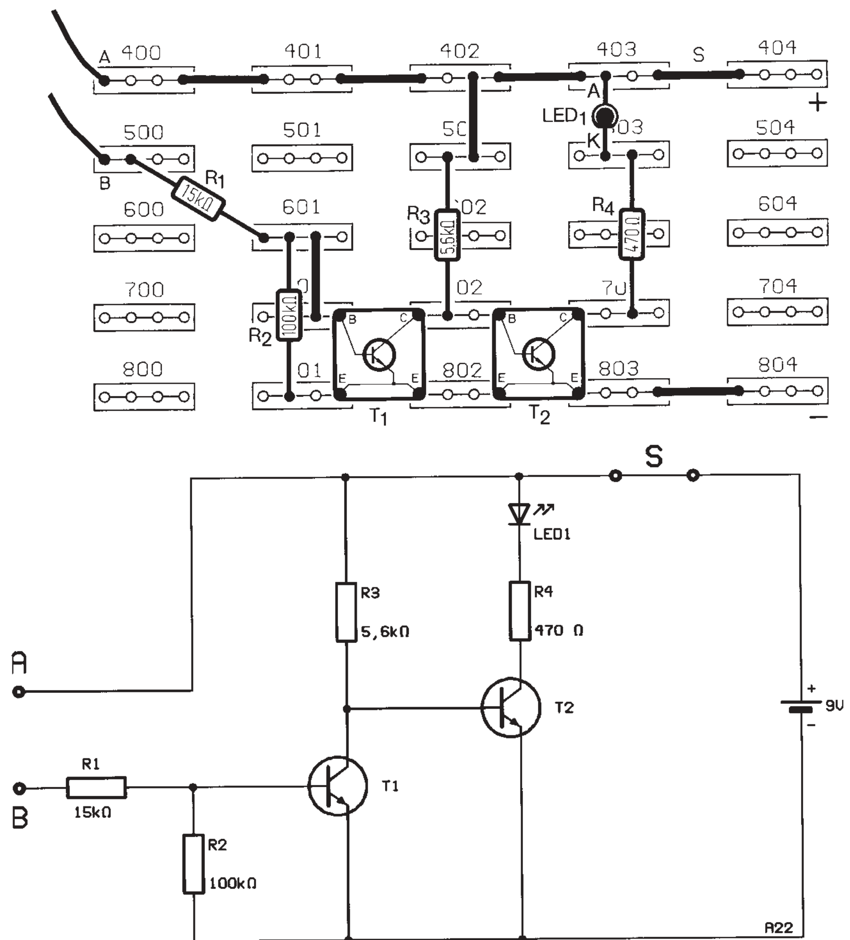


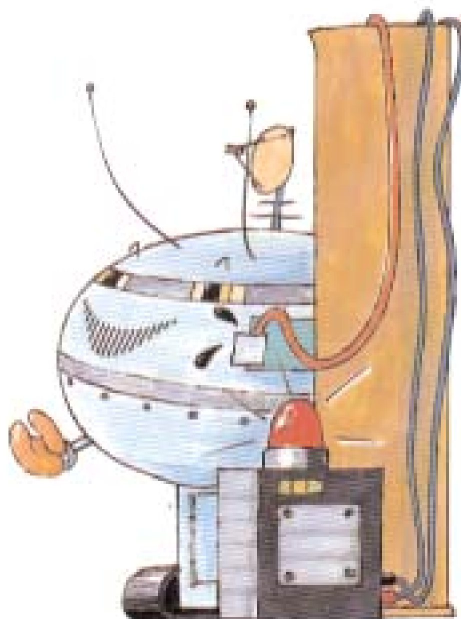

,,Wat betekent die hele reeks lampjes", vraagt M-3 nieuwsgierig de oude M-1 in de commandocentrale van de ruimtereinigings - afdeling. ,,Dat zijn de indicaties voor de vulstand van de tanks van onze ruimtereinigingsschepen. Voor elk schip zie je hier een LED. Als ze allemaal uit zijn, is alles O.K. Dan heeft de piloot na terugkeer meteen weer getankt, om zo nodig onmiddellijk weer te kunnen starten. Brandt er een LED, dan heeft de piloot vergeten, te tanken." ,,Hoe is dat mogelijk?", vraagt Armstrong verbaasd, ,,de piloten zijn toch allemaal computergestuurde robots." M-1 antwoordt laconiek: ,,ook robots zijn maar mensen."

**60** ,,Laat me eens zien, hoe de schakeling van een tankindicatie eruit ziet" wil M-3 weten. M-1 haalt het schakelschema te voorschijn. Het is hetzelfde schema, dat de tekening hiernaast toont. De LED brandt net zo, alsof de tank leeg is.

**61** Ter controle houdt Hans de twee blanke einden van de draden, die op A en B van de schakeling zijn bevestigd, tegen elkaar. Nu gaat de LED uit en toont daarmee aan, dat de elektronische onderdelen op de juiste plaats zitten.

**62** Hans haalt een glas water of een glas met de een of andere vloeistof. Hij houdt de draadeinden eerst zo in het glas, dat ze boven de wateroppervlakte blijven. Dan dompelt hij ze in het water. Pas als de beide draden in aanraking met de vloeistof komen, gaat de LED uit. Dus alle space shuttles hebben getankt, daar op het controlebord geen enkele LED brandt. Robert heeft het principe van de schakeling onmiddellijk begrepen: ,,als de draden in het water hangen, functioneert dat als een hoogohmige weerstand. Door het water gaat een klein stroompje naar de basis van T1. T1 wordt geleidend en laat daardoor geen stroom meer over voor de basis van T2. De LED brandt niet. Indien de tanks leeg zijn, hangen de draden dus in de lucht en er vloeit geen basisstroom naar T1; deze blokkeert. Nu wordt T2 via R3 in voldoende mate van basisstroom voorzien. De brandende LED waarschuwt: tanken ! "
Zonder meer heeft Hans zich omgedraaid en begint weer met zijn eigenlijke werkzaamheden. ,,'t Ga je goed, oude vriend", roept M-3 hem toe en Armstrong merkt op: ,,zo zijn ze, die ouden M-1 's, hun gevoeligheidskaarten zijn nog niet zo ver ontwikkeld."



*Roberts notitieblok*

*Wegens brandgevaar mogen de proeven op het gebied van de tankindicatie in geen geval met benzine of iets dergelijks worden uitgevoerd . De beste en veiligste manier is het, om daarvoor water te gebruiken .*

## De centrale ,,Jupiter": het hart van het ruimtestation

,,Zo, en nu ga ik je ontvoeren, ik breng je naar het 'heiligdom' van onze kunstmaan", belooft de professor zijn assistent. ,,Zo meteen bezoeken wij "Jupiter", de centrale, het hoofd, of beter gezegd het hart van Electronica. Daar worden alle touwtjes in handen gehouden, daar wordt geanalyseerd, gecorrigeerd en georganiseerd." Als Robert van dit nieuwe avontuur hoort, toont het zachte trillen van zijn linker antenne zijn opwinding aan. Beide verlaten ,,Venus" en gaan op weg naar ,,Jupiter": de een hangend met zijn karabijnhaak aan de transportrail, de ander op zijn looprollen. Op die manier flitsen ze een paar kilometer door de ring, die de afdelingen met elkaar verbindt. Dan worden ze door het systeem abrupt naar links in een andere buis, die naar het centrum leidt, gestuurd.

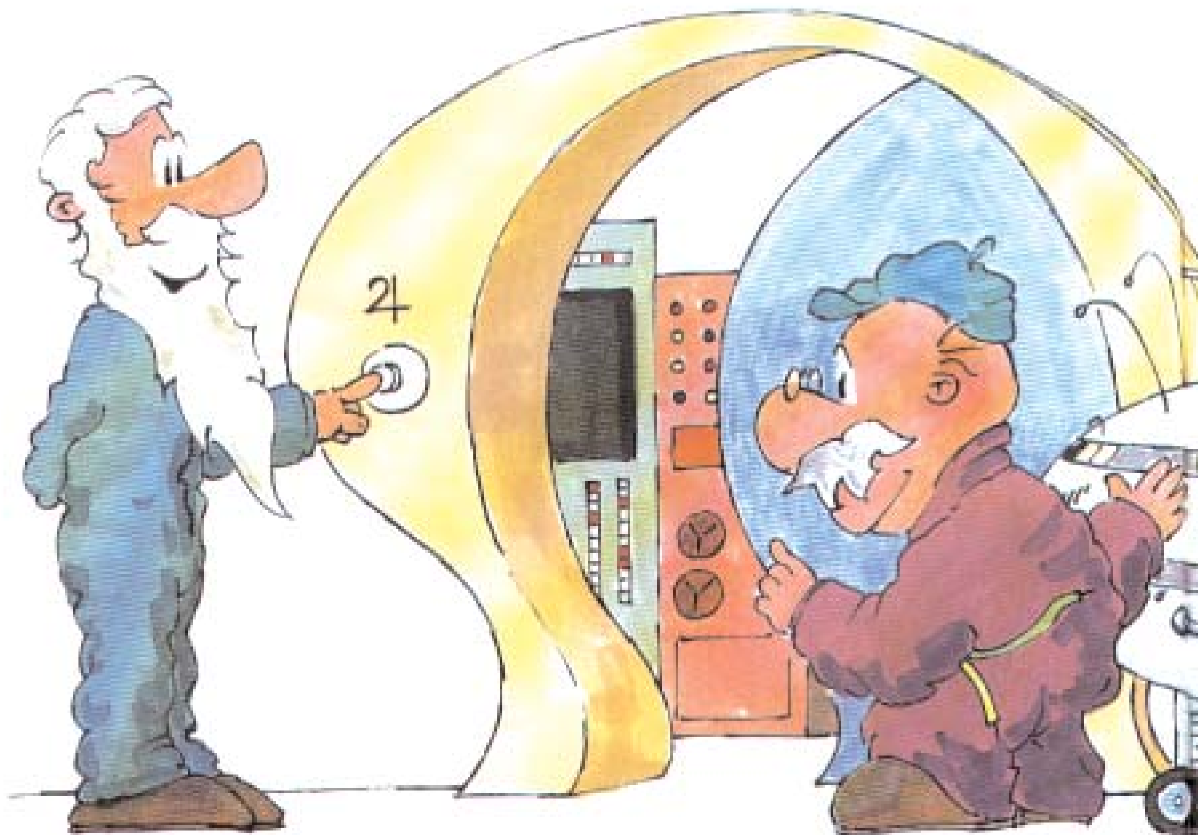
Een paar minuten duurt die razend snelle tocht tot ze voor een gigantisch, prachtig portaal gestopt worden. ,,Dit is dus het centrale besturingsorgaan voor onze kosmische wereld", merkt Armstrong vol trots op en tikt zijn geheime code in de deurcomputer. Met de woorden ,,Armstrong, oude vriend, hartelijk welkom, ja werkelijk", komt een grote man met een lange, witte baard de beide bezoekers tegemoet.

Wat verlegen verstopt M-3 zich achter Armstrong. Blijkbaar worden ze door de chef van Electronica, de beroemde Julius Delta zelf ontvangen. Hij is de uitvinder en constructeur van dit wonder. Op de robotschool hebben de onderwijzers steeds met veel respect over deze man gesproken en nu staat hij in hoogsteigen persoon voor hem, de kleine robot. Robert moet zich beheersen, om zijn bewondering niet al te duidelijk te tonen. Armstrong schudt Delta vriendschappelijk de hand. ,,Zeker weer een oude vriend uit oude tijden", denkt Robert.

,,Hallo, Julius, je hebt de situatie wel steeds in vaste handen, ja werkelijk, of niet?" lacht de professor. Delta wordt wat verlegen. Hij houdt er niet van, als men zijn manier van praten wat belachelijk maakt. Maar zijn oude vriend vergeeft hij zijn spot al gauw. ,,En bij jou, ook alles O.K., werkelijk? Maar wie heb je daar bij je?" ,,Dat is mijn nieuwe assistent Robert, eentje uit de nieuwe serie M-3" stelt de professor zijn kleine vriend voor. "Ik heb hem vandaag zelf van de aarde opgehaald en geleid hem nu door Electronica, om zijn ervaringsopslag wat te verrijken. "

De drie slenteren langs de vele instrumenten, die met hun duizenden diodes en schakelaars een indruk geven van de vele verschillende functies die hier gecontroleerd en gestuurd worden. Julius werpt steeds weer een blik op de digitale indicaties en wijzers die uitslaan.

,,En daar ginds", zegt Delta, terwijl hij naar een blijkbaar bijzonder beveiligde deur wijst, ,,daar bevindt zich het centrum van de centrale, werkelijk het belangrijkste gedeelte van "Jupiter". Daar staan de computers voor de besturing en de controle van de vele aangesloten computers. "



Delta, Armstrong en M-3 staan voor de deur. Julius drukt op de deurbel rechts naast de poort. Deze gaat open, zonder dat er iemand te zien is. Daarachter bevindt zich een tweede deur. Delta drukt ook hier op de deurbel, waarna de tweede veiligheidsdeur open gaat. Binnen werken maar weinig mensen en robots. De meeste plaats wordt voor de computers gebruikt, hoewel deze in. de loop van de laatste eeuw steeds kleiner werden. Plotseling hoort men een lage toon van de deurbel, en na een paar seconden een hoge. ,,Daar is iemand, die haast heeft", merkt Delta op, terwijl hij naar de deur toe gaat. ,,Dat is het trucje met onze twee - tonige deurbel met twee toetsen." M-3 begrijpt de bedoeling van deze uitvinding niet. ,,De eerste toets", verklaart Delta, ,,bevindt zich aan de buitenste veiligheidsdeur en de andere toets aan de tweede veiligheidsdeur. Zo merken we meteen, voor welke deur de bezoeker staat." ,,Kunnen wij misschien ook zulk een geniale

**63**

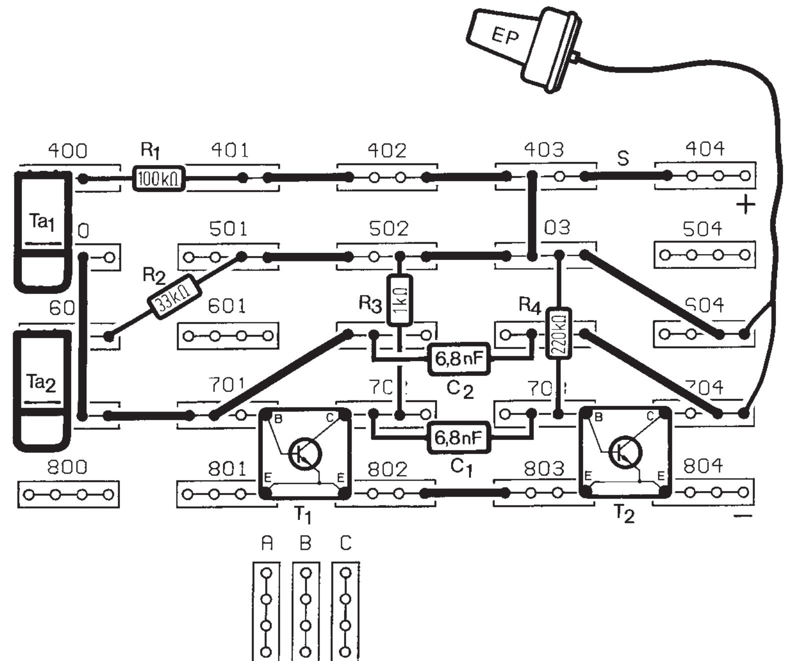
deurbel maken?" vraagt Robert ongeduldig.

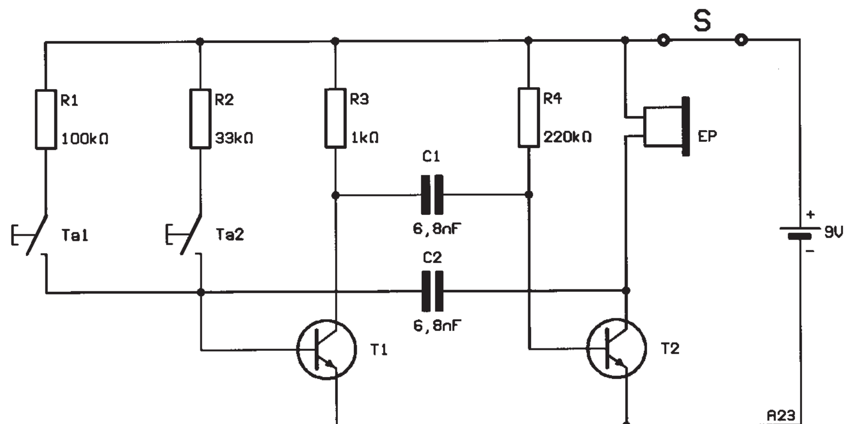
Armstrong haalt weer zijn onuitputtelijke tas te voorschijn en zet de geniale deurbel volgens het schakelschema, dat hiernaast getoond is, in elkaar.

Ook nadat de batterij aangesloten is, is er in de oortelefoon geen geluid te horen.

**64**

Robert dringt naar voren en drukt op de bovenste toets Ta1. Een lage toon klinkt - zoals niet anders te verwachten is.




**65**

Voor de afwisseling drukt M-3 op de onderste toets Ta2. ,,Net zoals ik me dat voorgesteld heb!" juicht Robert, als hij de hoge toon hoort.

Delta verklaart de functie van de schakeling: ,,de toonhoogte wordt enerzijds door de condensator C1 en de weerstand R4 en anderzijds door de condensator C2 en een van de twee weerstanden R1 of R2 bepaald. Door de toets Ta1 in te drukken, wordt de 100 - kΩ - weerstand R1 ingeschakeld. Door Ta2 te bedienen, ontstaat de verbinding met de 33 - kΩ - weerstand R2. Een hoge weerstandswaarde zorgt voor een lage toon, een lage weerstandswaarde daarentegen voor een hoge toon."

# Wee de indringer in de computerzaal

,,Natuurlijk hebben we", verklaart Delta, ,,de afdeling met de centrale computerinstallatie bovendien nog op andere wijze beveiligd, werkelijk. Door een alarminstallatie worden we gewaarschuwd, als onbevoegden binnendringen." ,,Een alarminstallatie?" roept Robert opgewonden. ,,Dat lijkt me spannend. Wilt u alstublieft vertellen, hoe de functie daarvan is." Delta legt hem zijn uitvinding graag uit: ,,als iemand de deur ook maar een kiertje open doet, gaat op de controle-monitor een LED branden."

,,Wat betekent 'LED'?" wil M-3 weten. ,,Ach ja, dat is de afkorting voor de Engelse uitdrukking 'Light Emitting Diode', wat zoveel betekent als lichtgevende diode." Met de verklaring van de uitvinding is M-3 echter nog lang niet tevreden. ,,Als de deur dan weer gesloten wordt, gaat de LED toch zeker weer uit." Delta schudt hevig zijn hoofd: ,,welnee, dat is immers de truc van deze schakeling. De LED blijft in ieder geval branden. Ik ga even de schakeling voor je in elkaar zetten, dan kun je de functie begrijpen."

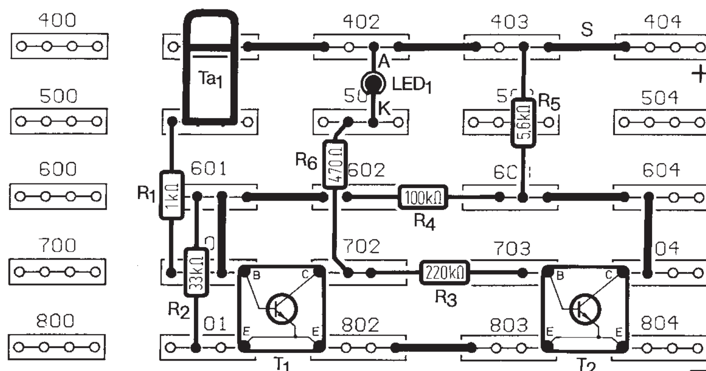
**66** Delta zet de schakeling volgens de tekening in elkaar. De toets Ta1 zorgt voor het contact, dat door het openen van de deur gesloten wordt. ,,In de schakeling gebeurt er nu reeds iets", weet Delta ,,maar we zien dat op het ogenblik nog niet."

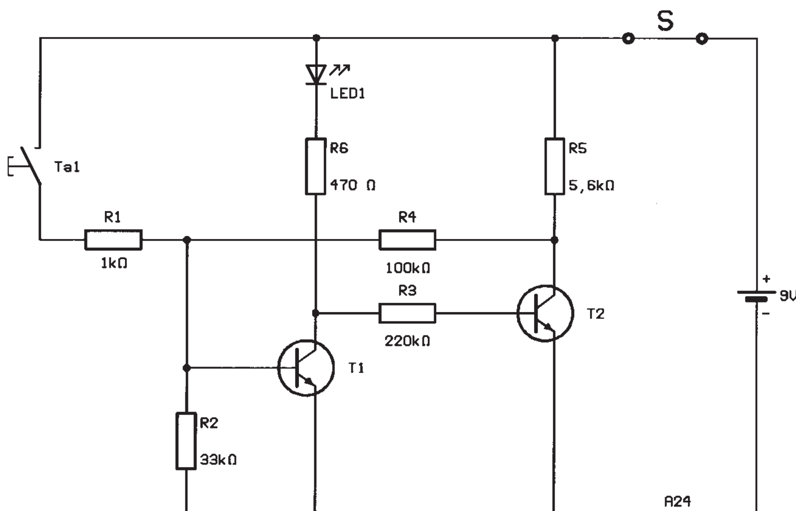
**67** Robert drukt met zijn grijphand zachtjes op toets Ta1. De LED begint te branden en blijft ook branden, hoewel Robert de toets weer los gelaten heeft. ,,De LED gaat pas uit" merkt Armstrong op, ,,als door de verwijdering van de schakelbrug S de batterij afgeklemd wordt. "

,,Deze schakeling", vult Delta aan, ,,is werkelijk een afvalprodukt van de computerontwikkeling. Het principe daarvan wordt als eenvoudig 'geheugenelement' in elke computer toegepast. Wij vakmensen spreken van flip - flop. De LED gaat aan - flip! en blijft branden, of gaat uit - flop! - en blijft uit. Beide toestanden ('de LED brandt / de LED brandt niet') zijn "stabiel". Deze toestanden veranderen nooit vanzelf. Omdat twee toestanden stabiel zijn, noemen we deze schakeling ook wel 'bistabiele schakeling' - 'bi' betekent immers twee. "

,,Om de 'flip - flop - schakeling' te begrijpen, moet je weten, dat hier de beide transistoren tegen elkaar werken: de geleidende transistor dwingt telkens de andere te sperren. AlsT1 geleidt krijgt T2 geen basisstroom, omdat de totale stroom die door R6 gaat, naar T1 vloeit. Indien echter T2 geleidt, dan krijgt T1 geen basisstroom meer."

,,Werkelijk, de logica van deze machines", vervolgt Delta,,,is heel simpel, want computers kunnen eigenlijk niet bijzonder veel. Omdat ze de weinige taken echter met grote snelheid vervullen, zijn ze tot zulk verbazingwekkende prestaties in staat."



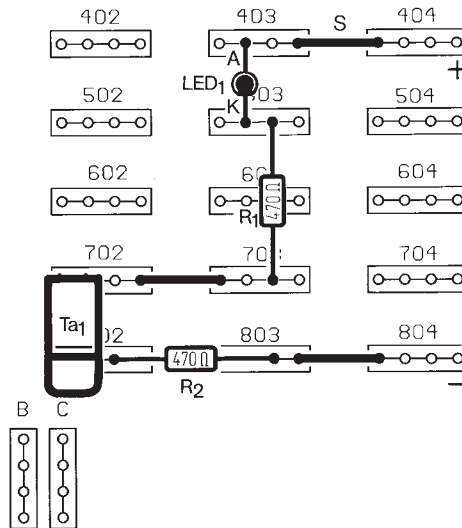



## Deze schakeling zegt slechts JA

,,Als de 'denkmethode', die de computers toepassen", vindt M-3, ,,werkelijk zo eenvoudig is, dan kunt u mij die toch zeker uitleggen." Delta legt het hem graag uit: ,,dat doen we meteen met behulp van een paar experimenten."

**68** Voor de eerste proef betreffende de computerlogica zet Delta een kleine schakeling volgens de afbeelding hiernaast in elkaar. ,,Daarmee hebben we reeds", verklaart Delta, ,,de eerste 'denkmethode' van de super snelle computers. Als je op de toets Ta1 (JA) drukt, begint de LED (JA) te branden, druk je niet op de toets, dan brandt de LED ook niet. Of heel algemeen: als het ene gebeurt (JA), gebeurt als gevolg daarvan in ieder geval ook het andere (JA) "

,,Wacht eens even", onderbreekt hem Robert, ,,dat is toch dezelfde logica, alsof ik zeg: de werking van de zwaartekracht in een afdeling (JA) heeft ten gevolg dat de professor met een slag op de grond valt (JA)." Armstrong vindt dat voorbeeld niet bepaald leuk, maar moet toch toegeven: ,,de denkmethode is juist! "





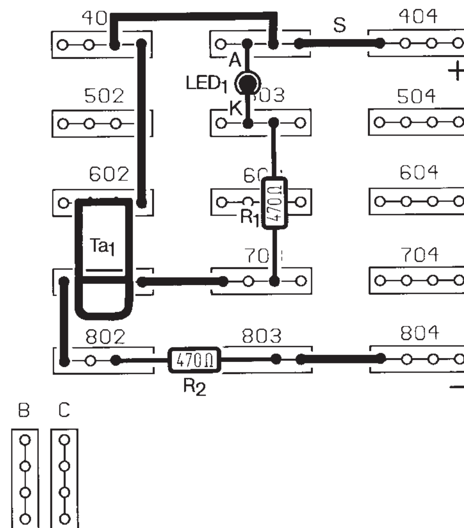

## De schakeling die steeds met NIET reageert

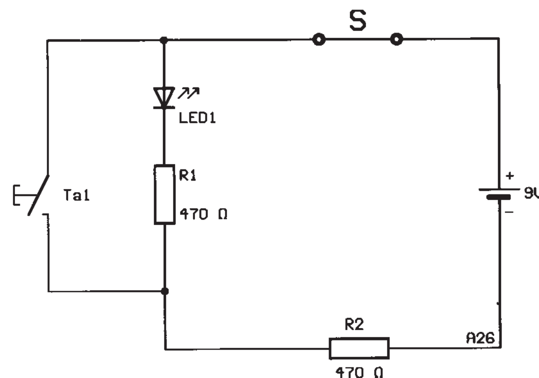
,,Als er een JA - schakeling is", maakt M-3 de logische gevolgtrekking, ,,dan is er toch zeker ook een NIET-schakeling."

**69** ,,Je hebt 't gesnapt" bevestigt Delta en zet de NIET-schakeling volgens de tekening hiernaast in elkaar.

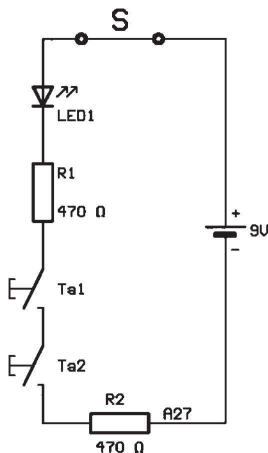
Robert probeert het meteen en merkt op: ,,als ik de schakelaar bedien (JA), dan brandt de LED niet (NIET); druk ik niet op de toets, dan brandt de LED."

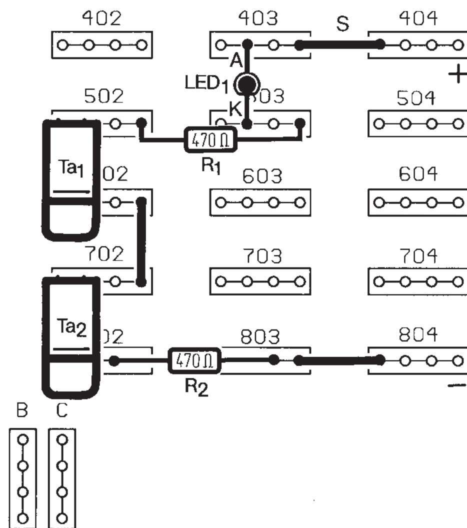
Delta wil graag nog de algemene formule horen en M-3 vult aan: ,,wanneer een bepaalde voorwaarde vervuld is (JA), dan volgt een bepaalde gebeurtenis niet (NIET)." Nu is Armstrong aan de beurt, zijn assistent wat te foppen: ,,dat kun je dan vergelijken met mijn opmerking bijvoorbeeld: als M-3 zijn mond houdt (JA), dan hoef ik me niet ergeren (NIET)."



## EN wat gebeurt er dan?

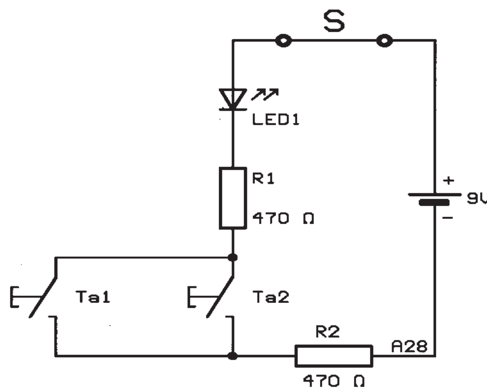


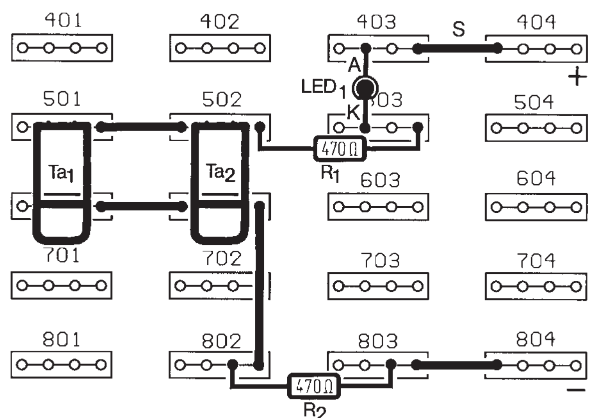




,,Maar JA en NIET" is niet eens voor de 'domme' computers voldoende. Er zijn nog een paar andere schakelingen voor hun functie nodig. Een daarvan is de EN-schakeling. "

**70** Hij zet de nodige elektronische onderdelen volgens de tekening in elkaar. Ook nu begint Robert meteen met de test. Hij legt uit: ,,alleen als ik op beide toetsen, dus TA1 (JA) en Ta2 (JA) druk, begint de diode (JA) te branden. Als ik geen van beiden, of maar een enkele bedien, brandt de LED niet." ,,Ik formuleer dat nu algemeen, werkelijk", onderbreekt Delta: ,,de twee voorwaarden A (JA) en B (JA) moeten vervuld zijn opdat er een bepaalde gebeurtenis volgt (JA)."
M-3 kan het absoluut niet laten: ,,als er in een afdeling zwaartekracht werkt (JA) en mijn leermeester weer wat slaapt (JA), dan verbuigt hij door zijn val mijn antennen (JA)."

## De vierde schakeling, OF zo




,,OF", vervolgt Delta, ,,is het volgende trefwoord. Nu, M-3, hoe ziet 't eruit? Kun je zelfstandig denken? Wat stel je je onder OF voor?" ,,Nou, ik zou zeggen", probeert Robert uit te leggen, ,,als ik bij een bepaalde schakeling of op de toets Ta1 (JA), of op toets Ta2 (JA) druk, dan begint de LED te branden (JA)."

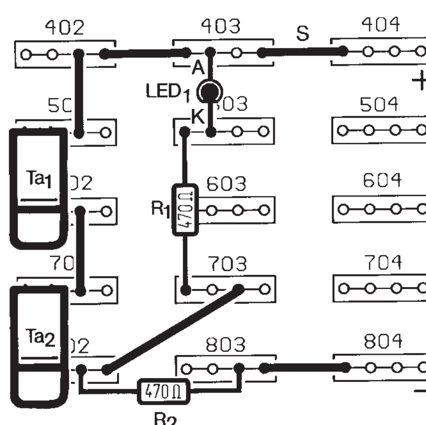
**71** ,, Goed zo " prijst de man met de lange witte baard Robert, ,,de schakeling die daarvoor in aanmerking komt, ziet er zo uit". Hij wijst op een schakelschema dat precies met de tekening hierboven overeenkomt. M-3 vult aan: ,,als of de ene (JA), of de andere (JA), of alle beide voorwaarden vervuld zijn, dan gebeurt dat, wat er moet gebeuren (JA)." Armstrong heeft het niet vergeten dat Robert zoeven wat brutaal was en geeft nu lik op stuk met het volgende voorbeeld: ,,als M-3 een aardige kerel was (JA) of zijn gevoeligheidskaart voldoende opslagplaats had (JA), dan had hij zich zijn voortdurende boosaardige opmerking bespaard (JA)."

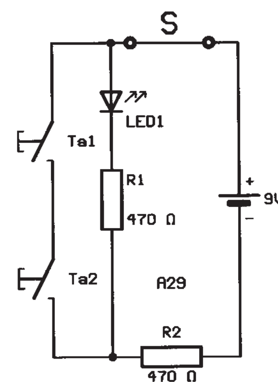


## EN als je NIET oppast

,,We komen op dreef" begint Armstrong de volgende reeks experimenten, ,,we gaan nu verder met de vijfde schakeling, de EN/NIET-schakeling.

**72** Hij zet voor de proef de schakeling volgens de tekening hiernaast in elkaar. ,,We zien nu voor ons, ja werkelijk, het tegendeel van de EN - schakeling", legt Delta uit. ,,Drukt men op de toetsen Ta1 (JA) en Ta2 (JA), dan brandt de diode niet (NIET). In alle andere gevallen (Ta1 bediend of Ta2 bediend of helemaal geen toets bediend) brandt de LED. Beste M-3, wil je nog eens proberen een algemene formule daarvoor te vinden." ,,Met plezier, ik doe dat meteen", neemt Robert zich voor. ,,Als het proces 1 (JA) en het proces 2 (JA) aflopen, volgt het gewenste resultaat niet (NIET)."



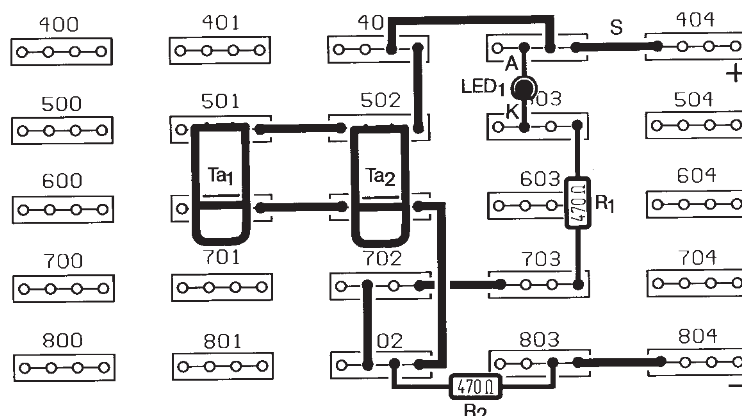



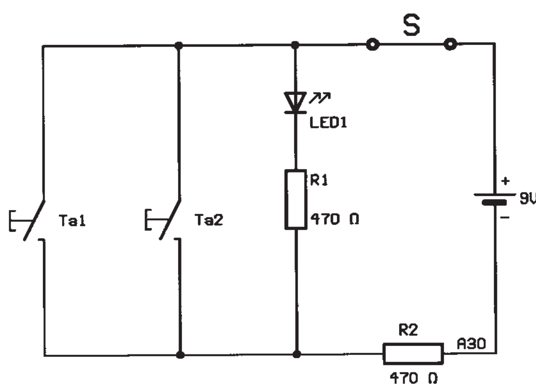

Kan hij zich nog een vrijpostige opmerking veroorloven? Hij doet 't: ,,als de professor wat behoedzamer met zijn botten zou omgaan (JA) en aan mijn antennen zou denken (JA), dan zou hij niet telkens bij zijn aankomst in een ruimte met zwaartekracht op zijn neus vallen (NIET)."

## OF begrijpt dat iemand NIET?

,,We zijn nu bijna klaar", belooft de uitvinder van Electronica, ,,nog een enkele schakeling moeten we uitleggen, de OF/NIET-schakeling."

**73** Hij zet de zesde en laatste logica-schakeling volgens de afbeelding aan de linker kant in elkaar. ,,Dat is toch blijkbaar het tegenovergestelde van de OF-schakeling", merkt M-3 op. ,,Druk ik de ene toets (JA) of de andere toets (JA), of zelfs alle beide, dan brandt de LED niet (NIET)." ,,Als dat stukje oud ijzer met de naam Robert", valt hem de professor bijna een beetje boos in de rede, ,,zijn mond houdt (JA) of zo spoedig mogelijk weggaat (JA), dan zal ik niet uit mijn vel springen (NIET). Als hij het ene of het andere doet, dan ben ik al tevreden; maar als hij allebeide dingen zou doen, zou ik dat nog beter vinden."



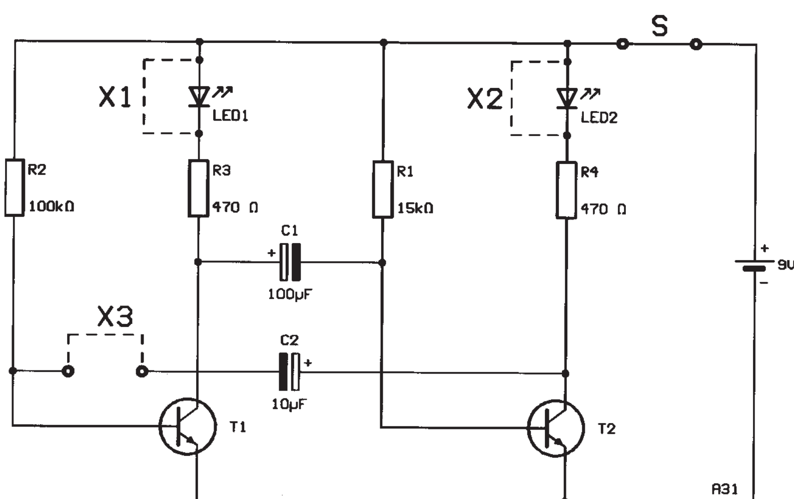



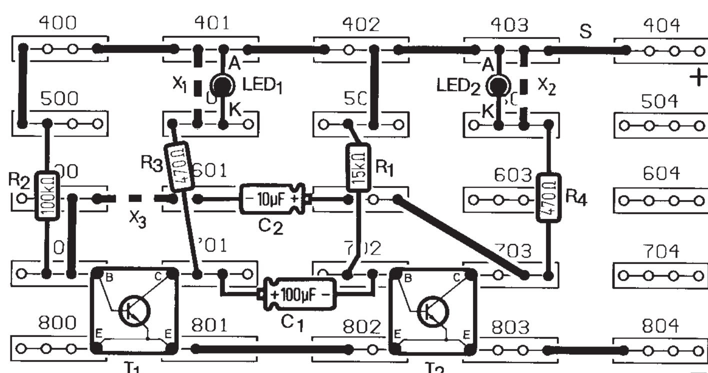



## Zeven proeven met één schakeling

,,Zo, ik geloof dat we nu weer verder moeten", vindt Armstrong. ,,De lucht hier in deze afdeling schijnt me niet zo erg goed voor mijn assistent te zijn." Zo gezegd, zo gedaan. Terwijl ze naar de uitgang toe gaan, drukt Delta op een knopje. Een paar lampjes beginnen te knipperen, andere beginnen te branden, weer andere gaan uit. ,,En wat moet dat betekenen?" wil M-3 nog weten. ,,Je ziet hier ons elektronisch 'kladje' voor je", presenteert Delta een van zijn hulprijke uitvindingen. ,,Sommige van mijn menselijke en machinelle medewerkers kunnen niet zo goed schrijven. Daarom schrijven ze na het beëindigen van hun werk niet op, waarop de volgende ploeg moet letten, maar delen dat door middel van deze schakeling mee - die 'vertelt' dan, wat in aanmerking te nemen is." ,,Mag ik even een kijkje in dat elektronische notitieboekje nemen?" vraagt Robert.

**74** Delta opent het huis van de notitieboekschakeling en laat M-3 het daarbij behorende schakelschema zien. Dat schema komt precies overeen met de afbeelding hierboven. Met behulp van de onderdelen uit de tas van de professor bouwt M-3 de schakeling onmiddellijk na. ,,Op het schakelschema", verklaart Delta, ,,kun je verscheidene gestippelte draadbruggen zien, werkelijk.




**75** Al naar gelang, welke draadbruggen wij werkelijk gebruiken, branden of blinken beide LED's op hun eigen manier en geven zodoende een informatie door. "

,,Eerst even mijn lievelings - mededeling, werkelijk", stelt Delta voor en steekt geen van de bruggen in de schakeling. De groene en de rode LED's branden tegelijk en laten de tweede ploeg weten: alles O.K.

**76** Nu zet Delta de eerste draadbrug X1 op de daarvoor bepaalde plaats. De rode LED brandt niet, terwijl de groene wel brandt. ,,Dat betekent', verklaart Delta, ,,dat er nog reserve afschriften van de zoeven ingevoerde data moeten worden gemaakt, en wel onmiddellijk. "

**77** ,,Mag ik even wat proberen?" vraagt M-3 en trekt X1 eruit en zet X2 op de in de tekening gemarkeerde plaats.

Nu brandt weliswaar de rode LED, maar van de groene is er geen enkele lichtschijn te zien. Deze toestand was eigenlijk niet gepland, maar de mensen hier hebben gebruik gemaakt van deze schakeling, die aantoont: in de koelkast vind je nog wat te eten. "

**78** Delta steekt beide draadbruggen X1 en X2 op de juiste plaats. Geen van de beiden LED's begint te branden. Wie nu op de LED's let, weet dat hij nog de laatste computerdrukken moet doorkijken.

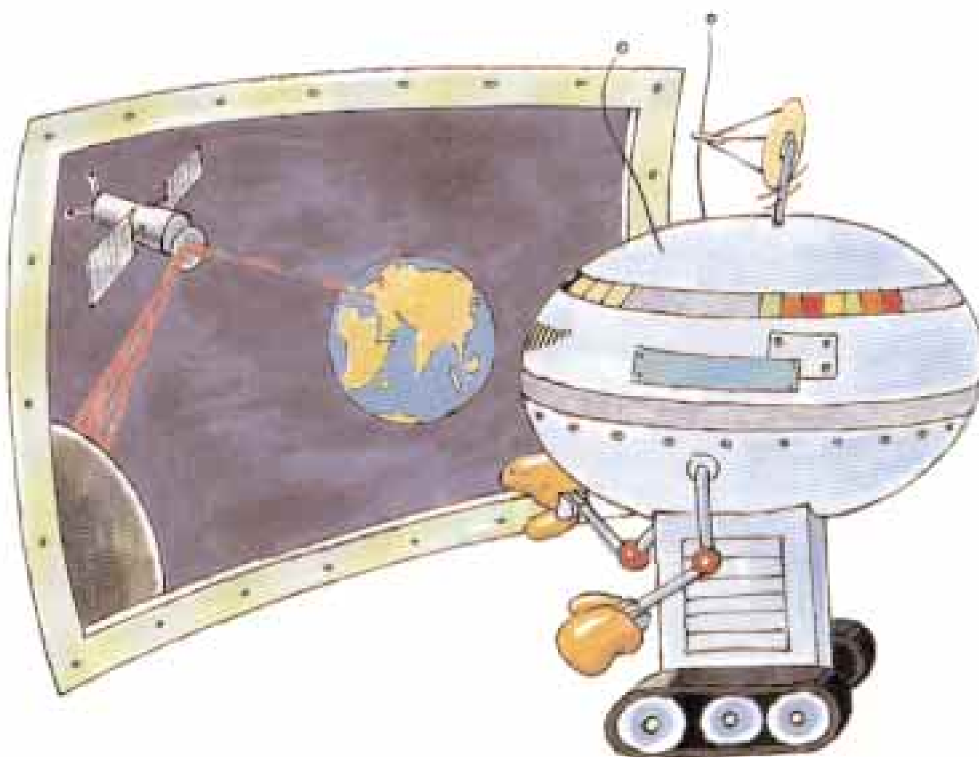
**79** ,,Maar nu speelt werkelijk een nieuwe variant een rol ",voorspelt Delta en gebruikt de bruggen X1 en X3 - natuurlijk op de plaatsen, die in het schakelschema zijn aangetoond. Terwijl met de rode LED helemaal niets gebeurt, geeft de groene een informatie door - ze blinkt. ,,Dit signaal", deelt Delta mee, ,,herinnert ons eraan, dat nog niet alle ramen gesloten zijn. "

**80** Nu is Robert weer aan de beurt. Hij steekt de draadbruggen X2 en X3 op de daarvoor bepaalde plaatsen in de schakeling, waardoor de volgende situatie ontstaat: rood blinkt, groen is uit. Dat is het sein voor de monteurs, onmiddellijk de loopwerken te controleren.

**81** Tenslotte gebruikt Delta alleen de brug X3. Beide LED's blinken tegelijkertijd en signaleren, dat alle opslagplaatsen vol zijn en men dringend voor geheugen - uitbreiding moet zorgen. ,,Met deze fascinerende schakeling op zak", triomfeert Robert, ,,kunnen we op onze rondreis werkelijk niets meer vergeten, werkelijk. "

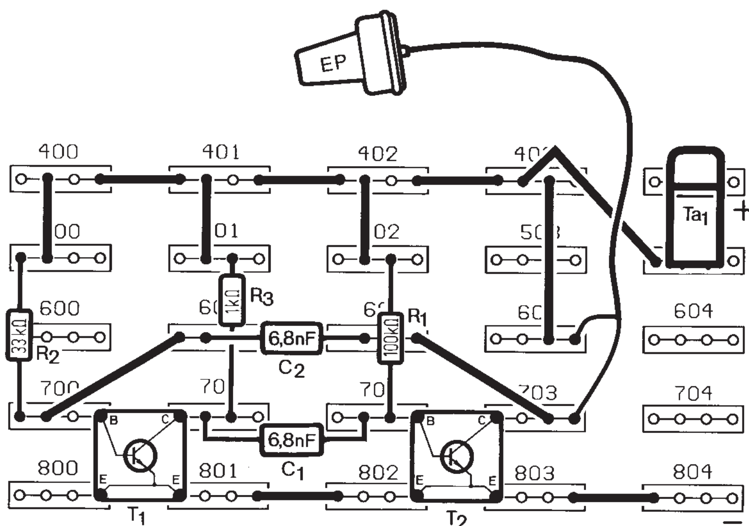
,,Ik heb veel geleerd bij u", bedankt Robert zich bij Julius Delta. Ook Armstrong neemt afscheid. Delta's tussen werpsel ,,werkelijk" horen ze nog, als de eerste deur gesloten wordt. ,,Ik ben nu toch echt nieuwsgierig", zegt Robert M-3, ,,wat we nu nog te zien krijgen." ,,Je zult er van opkijken, we hebben net de helft van onze bezichtiging achter de rug", merkt Armstrong op. Op hun retourweg naar de ring ziet Robert door de vensters de volgende afdeling van buiten met een gekrioel van antennnes in alle mogelijke vormen. Sommige strekken zich ver naar buiten in het heelal, andere lijken met hun vleugels op reusachtige vlinders, en weer andere doen door hun vorm denken aan grote schotels. ,,Nu begrijp ik ook, waarom men zo vaak van een chaos in de ether spreekt", denkt Robert. ,,De afdeling 'Neptunus' zorgt hier op Electronica ...," wil de professor met zijn voordracht beginnen. ,, ... voor het radioverkeer" vult Robert wat voorbarig aan. ,,Ach, je hebt de antennen al gezien", zegt de professor met een fijne glimlach, ,,en ik dacht al even, dat je me weer voor 't lapje wilde houden."

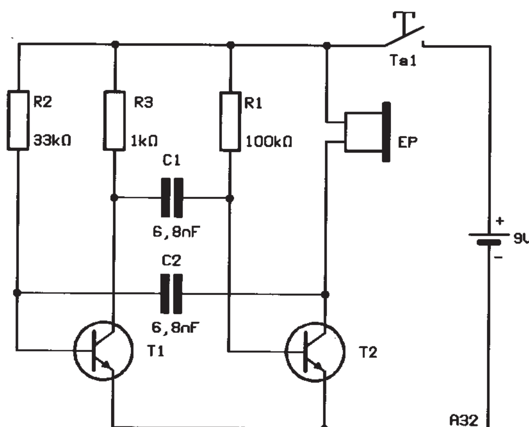
Als ze voor de ingang staan, vraagt Robert wat schijnheilig: ,,Hoe zit dat met de zwaartekracht bij die knapen van de radiotelegrafie?" De professor heeft hem meteen door: ,,Hier hebben ze de zwaartekracht niet nodig, en bovendien je zult je wel verbaasd staan van die 'knapen van de radiotelegrafie'." Terwijl ze de radio - afdeling binnentreden, loopt Robert nog over de laatste woorden van de professor te peinzen. ,,Zoals je ziet, is het hier bijna eender als op 'Jupiter'", verklaart de professor. ,,Alleen met veel meer lawaai, als mijn sensoren O.K. zijn", vindt Robert terwijl hij verder rolt. ,,Je ziet niet alleen de brandende diodes, je hoort ook nog een wirwar van piepgeluiden en zoemtonen.Voor de radiocomputers ziet Robert allemaal mensen met koptelefonen zitten. ,,Werken hier uitsluitend vrouwen?" wil hij van de professor weten. ,,Ik zei toch al, dat je verbaasd zou staan van die "knapen". Inderdaad, deze afdeling wordt geheel en al door vrouwen geëxploiteerd." Robert staat er werkelijk van te kijken: ,,ja, en, eh, kunnen ze dat dan wel?" Voordat de professor er een antwoord op kan geven, is er al uit de verte te horen: ,, En of ze dat kunnen, klein blikken mannetje met je rolpootjes! " Een kleine, temperamentvolle vrouw komt hen tegemoet. Ze begroet de professor hartelijk: ,,Hallo, beste Sirius." ,,Leuk je te zien", antwoordt Armstrong, ,,mag ik voorstellen: "Miep Frekwent, cheffin van de radio - afdeling, en dat is mijn nieuwe medewerker Robert M-3". Mevrouw Frekwent neemt het nieuwe robotomodel met kritische blikken van top tot teen op: ,,niet bepaald verlegen, die nieuwe serie, wel wat conservatief uitgevallen, als je mij vraagt." Armstrong voert ter verontschuldiging van zijn assistent aan: ,,Hij is nog niet zo goed op de hoogte; het duurt zeker nog een poosje tot zijn ervaringsopslag voldoende gevuld is, anders had hij natuurlijk al lang geweten dat de afdeling 'Neptunus' een van de afdelingen op Electronica is, die het beste functioneert." Robert snort wat beteuterd. Maar Miep Frekwent neemt het de jonge robot niet kwalijk. Ze is meteen bereid de beide bezoekers rond te leiden. ,,Heb je eigenlijk eens aan mijn verzameling gedacht?" vraagt ze onderweg de professor. ,,Maar natuurlijk heb ik dat", lacht de professor. ,,Miep is namelijk een gepassioneerde verzamelaarster van oude radiotoestellen", informeert hij Robert.



# Eerst een lange pieptoon, dan weer een korte

De professor haalt uit zijn waarlijk onuitputtelijke tas een apparaat te voorschijn, dat er echt antiek uitziet. Mevrouw Frekwent bekijkt het oude ding met kennersblik van alle kanten. ,,Maar dat is toch .... nee, niet te geloven ...", roept ze enthousiast, ,,dat is toch een morsetoestel van het begin van de 20ste eeuw!" ,,Precies getroffen", bevestigt Armstrong, ,,de clou van de zaak is, dat ding functioneert nog steeds! Dat is het signaal voor Robert: ,,mag ik 't eens proberen? Ik zal er heel voorzichtig mee omgaan." Miep is vandaag in een goede bui: ,,Nou, vooruit dan maar, omdat jij 't bent." M-3 pakt het morsetoestel - en op dat ogenblik glijdt het uit zijn grijpvingers. ,,Oh, wat zijn we blij, dat hier de zwaartekracht niet werkt", zegt Armstrong met een zucht van verlichting. Er zijn maar een paar elektronische onderdelen uit de klemveren gegleden. ,, Ik heb het schakelschema bij me."




**82** Hij zet de onderdelen volgens het schema, dat met de afbeelding hiernaast overeenkomt, in elkaar. De professor test ook nog, of de typische toontjes te horen zijn. Hij drukt lang op de toets: er komt een lange toon. Hij drukt maar kort op de toets: er komt een korte toon. ,,Met lange tonen (ze worden als streepje aangetoond) en korte tonen (punten)", licht mevrouw Frekwent toe, ,,kan men berichten zenden. Daarvoor gebruikten de telegrafisten vroeger het 'morsealfabet'. Voor elke letter van het alfabet is een bepaalde volgorde van de punten en strepen vastgelegd. De uitvinder van het morsealfabet is de Amerikaanse geleerde Samuel Morse (1791-1872)."

,,Het morsealfabet ziet er zo uit",. vult Armstrong aan, terwijl hij een vergeeld stukje papier uit zijn zak haalt. Hier beneden is het afgedrukt. ,,En als jij, beste Miep, de toon van je oortelefoon te doordringend vindt", biedt de professor aan, ,,dan is een kleine verandering al voldoende, om het aangenamer te maken. "

**83** Hij trekt de 33 - kΩ - weerstand R2 (oranje-oranje-oranje) uit de schakeling en vervangt deze door een weerstand van 220 kΩ (rood-rood-geel). De toon is dan ook na de druk op de toets, lager dan tevoren. ,,Voor mijn gevoelig gehoor, klaagt Miep, ,,is die toon nog steeds te hoog. " Armstrong weet, hoe hij de moeilijkheden uit de weg kan ruimen.

**84** Voor R2 plaatst hij nu een 680 - kΩ - weerstand (blauw-grijs-geel) in de schakeling. En het was niet anders te verwachten: de professor had gelijk. De toon is nu werkelijk nog lager.

## Het morsealfabet

| | | | |
|---|---|---|---|
| a | · – | o | – – – |
| b | – · · · | p | · – – · |
| c | – · – · | q | – – · – |
| ch | – – – – | r | · – · |
| d | – · · | s | · · · |
| e | · | t | – |
| f | · · – · | u | · · – |
| g | – – · | v | · · · – |
| h | · · · · | w | · – – |
| i | · · | x | – · · – |
| j | · – – – | y | – · – – |
| k | – · – | z | – – · · |
| l | · – · · | ä | · – · – |
| m | – – | ö | – – – · |
| n | – · | ü | · · – – |
| 1 | · – – – – | 6 | – · · · · |
| 2 | · · – – – | 7 | – – · · · |
| 3 | · · · – – | 8 | – – – · · |
| 4 | · · · · – | 9 | – – – – · |
| 5 | · · · · · | 0 | – – – – – |

,,Ik geloof, mevrouw Frekwent, dat u mij zeker zult begrijpen," begint Robert ,,als ik u een vraag stel, waarover ik al een hele tijd loop te peinzen: hoe kan men eigenlijk met elektrische stroom geluid maken?" ,,Om deze vraag te beantwoorden", zegt Miep, ,,moeten we eerst de oortelefoon eens bekijken, want binnenin vindt die eigenaardige verandering plaats. In de oortelefoon zit een magneet, die de vorm van een potje heeft, een spoel en een heel dun plaatje, dat men membraan noemt. Het membraan zit op de magneet als een deksel op een pot en wordt door de magnetische kracht vastgehouden. Als er stroom door de spoel van de oortelefoon gaat dan wordt de spoel magnetisch. Dat is de oorzaak ervoor dat het membraan bij het inschakelen van de stroomkring verbogen wordt. Bij het uitschakelen van de stroom gaat het membraan weer in zijn oorspronkelijke stand terug. De beweging van het membraan hoor je als knakgeluid. "

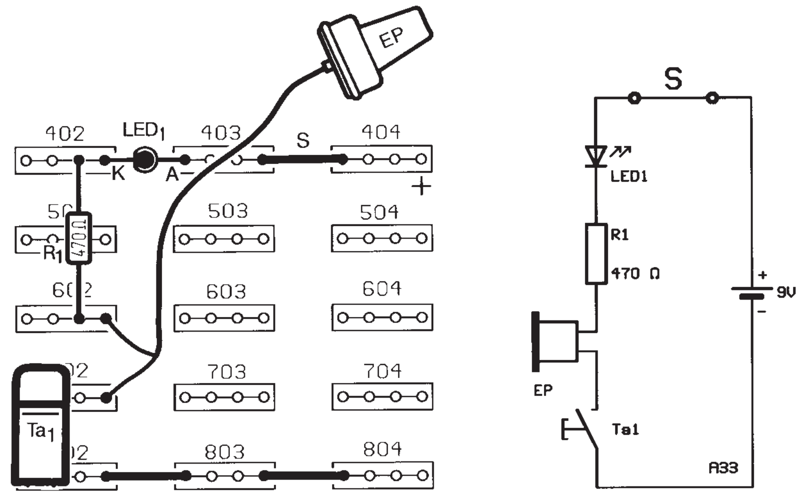
,,O.K.", seint M-3 met zijn begripsdiodes, ,,en hoe werkt dat in de praktijk?"

**85** Ter demonstratie zet de radiotelegrafiste een schakeling volgens de tekening hierboven in elkaar. De LED dient als kontrole, zodat men zien kan wanneer er stroom is. M-3 drukt op de toets: de LED gaat aan, dus er is stroom. In de oortelefoon is een geknak te horen. Zodra Robert de toets los laat, gaat de LED uit en is er weer een knakgeluid in de oortelefoon te horen. ,,Wat gebeurt er, als we de stroom andersom door de oortelefoon laten lopen?" wil Robert weten.

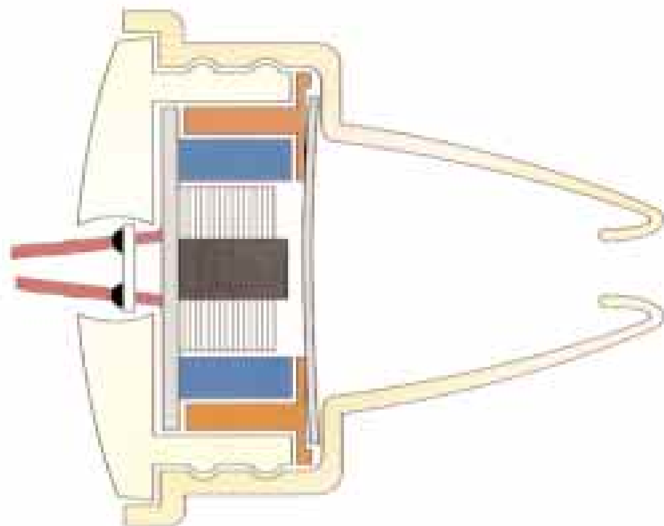
**86** ,,Dat kunnen we testen", vindt mevrouw Frekwent en verwisselt de aansluitingen van de oortelefoon. Het indrukken en loslaten van de toets levert hetzelfde knakgeluid op als bij de vorige proef. ,,Ten opzichte van dat geluid speelt het dus helemaal geen rol in welke richting de stroom door de oortelefoon gaat."

Met dat knakgeluid wil Robert geen genoegen nemen: ,,Maar een echte toon heb ik toch niet gehoord. " ,,Om echte tonen op te wekken ", verklaart mevrouw Frekwent, ,,moeten de knakgeluiden elkaar snel opvolgen. Het menselijke oor neemt dat dan als toon waar." Robert protesteert: ,,mijn akoestische sensoren reageren eender. Ongeveer 16 a 16.000 knakken per seconde neemt mijn 'gehoor' als toon waar. Daarmee is het op dezelfde waarde ingesteld, die ook de mens kan waarnemen."

,,Natuurlijk kan niemand", zegt Miep, ,,duizende keren per seconde op de toets drukken. Dat laten we de elektronika voor ons doen." De professor laat nog eens het morseschakelschema zien, dat hij als voorbeeld neemt, om uit te leggen, hoe dat functioneert: ,,we zien de beide transistoren T1 en T2, die proberen elkaar de stroom af te nemen. Geleidt T1, dan blokkeert T2, en C1 wordt opgeladen via R1. Zodra C1 vol is, gaat een stroompje naar de basis van T2. Nu is T2 geleidend en C2 wordt opgeladen via R2. Dat wisselspel loopt heel snel af - in de oorspronkelijke morseschakeling rond 5000 keer per seconde."




Miep Frekwent vult aan: ,,Bij grote weerstanden en condensatoren met hoge capaciteit duurt het opladen relatief lang, de omschakeling gebeurt niet zo snel achter elkaar. Minder knakgeluiden veroorzaken een lagere toon. Omgekeerd ontstaan er bij kleine weerstanden en condensatoren met lage capaciteit door de snelle omschakeling hoge tonen."



*Roberts notitieblok*

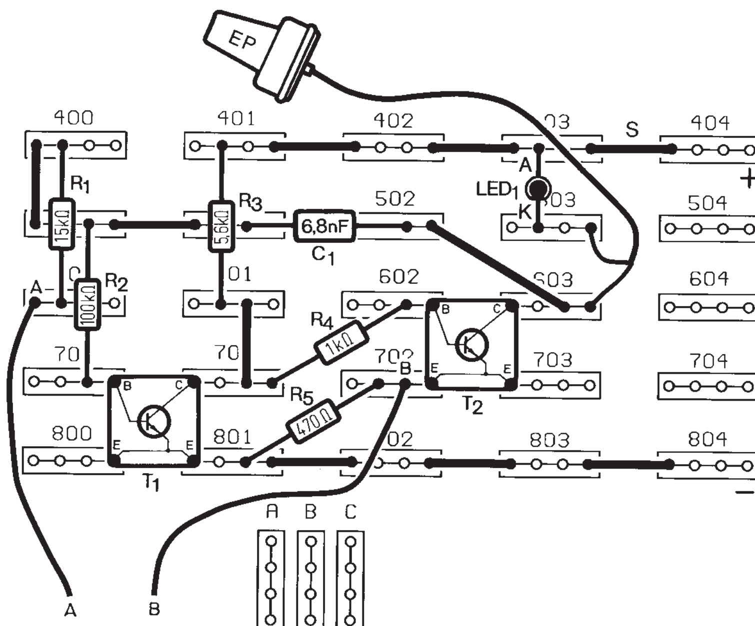
*Deze proef, evenals de experimenten op de volgende bladzijde lukken het beste met nieuwe batterijen.*

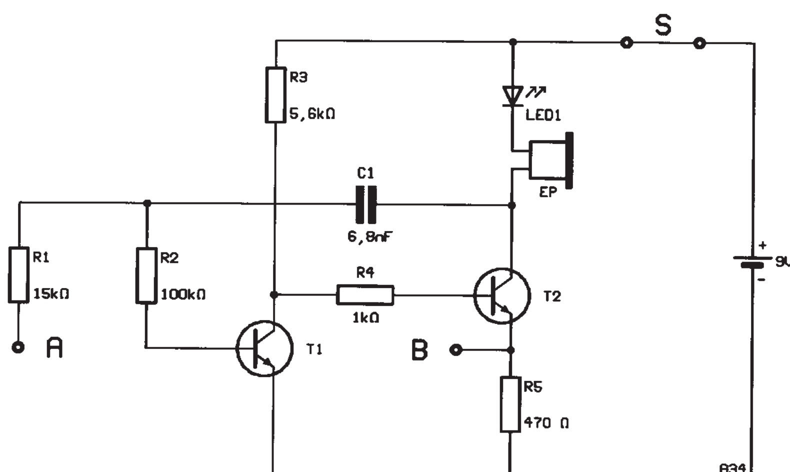
,,Mogen we misschien", vraagt de professor de knappe collega, ,,een kijkje in je beroemde laboratorium nemen? Overal op Electronica hebben we gehoord dat je weer een paar spannende en leuke uitvindingen gedaan hebt." Miep laat zich geen tweemaal vragen. ,,Nou, dan gaan we maar meteen", ze voegt de daad bij het woord en Amstrong en M-3 volgen. Al spoedig staan ze voor een deur met het bordje ,,Prive - labor Doctor Frekwent". Het is een kleine ruimte, een kamer tot aan het plafond toe volgestopt met kabels, schakelaars en LED's. ,,Jullie moeten 't maar niet zo nauw nemen. Ik heb vandaag nog geen tijd gehad hier op te ruimen", merkt Miep op en veegt met een grote handbeweging over een van de werktafels. ,,Of hier wel ooit opgeruimd wordt?" peinst M-3. Maar voordat hij langer daarover kan nadenken, heeft Miep reeds met de opmerking ,,direct vers uit de afdeling 'Mars'" een kosmos-kiwi op tafel gelegd.

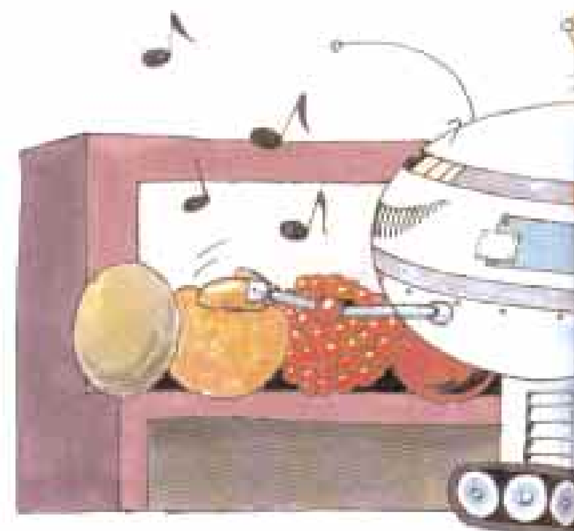
**87** Meteen begint ze de benodigde schakeling in elkaar te zetten, die overeenkomt met de tekening hier beneden.
M-3 is teleurgeseld, omdat de LED wel brandt, maar er toch geen enkele toon te horen is.

**88** Mevrouw Frekwent houdt de einden van de beide draden, die bij A en B van de schakeling hangen, tegen elkaar. Dan neemt ze een 220 - kΩ - weerstand (rood-rood-geel) en plaatst die tussen de beide draadeinden. Door de aanraking van de beide blanke einden begint de LED minder fel te branden terwijl men een hoge toon hoort. Wordt daarentegen de weerstand tussen de draadeinden geplaatst, wordt de diode nog donkerder en een lage toon ontstaat er.

**89** Nu steekt Miep de draden in verschillende afstand en wel de ene keer dieper en de andere keer minder diep in de kosmoskiwi. Hoe kleiner de afstand tussen de ingestoken draden is, des te hoger wordt de toon. Hoe dieper de draden in de vrucht worden gestoken, des te lager wordt de toon. ,,Wie een poosje met mijn 'kosmos - kiwi - orgel" omgaat", vindt Miep, ,,die kan er echt een liedje op spelen." ,,Ik houd wel van muziek", merkt Robert op, ,,maar in de eerste plaats zou ik graag willen weten, hoe het instrument functioneert." Miep Frekwent legt het hem graag uit: ,,de condensator wordt via de kiwi en de weerstand R1 opgeladen. Hoe hoger de weerstand in de kiwi is, des te hoger is de totale weerstand. Hoe hoger de weerstandswaarde is, des te lager is de toon."
,,Waarom is de LED eigenlijk gedurende de laatste proeven zo donker geworden?" informeert M-3. Armstrong kan ook dit fenomeen verklaren: ,,evenals de oortelefoon wordt ook de LED heel snel achter elkaar in- en uitgeschakeld. De LED flikkert, maar we kunnen dat met het blote oog niet precies zien, daarom lijkt het alsof de LED zo eigenaardig donker brandt."



## Geleidend of niet geleidend, dat is de vraag

Achteloos heeft Miep Frekwent de draden uit de kiwi getrokken en op een stuk papier gelegd. Met zijn scherpe blik heeft Robert dat natuurlijk gemerkt: ,,hoe komt het, dat er door het papier geen stroom gaat, die de condensator oplaadt en tonen opwekt?"
,,Heel eenvoudig, de weerstand is te hoog," verklaart mevrouw Frekwent.

**90** Ze houdt de draadeinden tegen een stukje plastiek, een stuk hout en een droge doek.
Al dit materiaal geleidt de stroom niet en daarom komt er ook geen enkele toon.

,,Geleidt eigenlijk een sleutel de elektrische stroom?" vraagt Robert nieuwsgierig.

**91** ,,Kom, we gaan een testreeks starten", stelt de radiotelegrafiste voor en houdt een sleutel, een munt en een potloodstift tussen de draadeinden. In alle drie gevallen zijn er in de oortelefoon tonen te horen, daar al deze voorwerpen geleidend zijn.
,, Hoe hoger de toon is, des te kleiner is de weerstand van het materiaal, des te beter wordt dus de stroom geleid", vermoedt M-3. Mevrouw Frekwent knikt instemmend.

## Attentie: geleiding door het water!

Robert laat zijn blik over de creatieve warboel in het lab van Miep Frekwent dwalen. Op de vloer ziet hij een vloeiblad liggen, waarin twee blanke draden zijn gevlochten. ,,Wat betekent dat nou weer?" vraagt hij. ,,Hier in het lab werk ik soms ook met heel sterke stroom," weist Miep op een veiligheidsprobleem. ,,Als er ergens een waterplas zou zijn - omdat ik misschien de koffie gemorst heb of omdat er om de een of andere reden condensatiewater is ontstaan - dan is dat levensgevaarlijk. Mag ik dat eens even demonstreren?"

**92** Ze gebruikt weer de schakeling van de prachtige ,,kosmos-kiwi's" en steekt de draden door een vloeiblad.

M-3, die de oortelefoon tegen zijn akoestische sensor gedrukt houdt, deelt mee: ,,geen toon!" Dat is ook niet verwonderlijk, want er is immers geen gevaar en dus ook geen waarschuwing nodig.

**93** Miep druppelt nu wat water op het vloeiblad. Hoe meer water zij erop druppelt, des te hoger wordt de toon, des te doordringender wordt de waarschuwing.
Armstrong heeft een idee: ,,als ik met mijn haardroger het vloeipapier weer droog maak, wordt de toon ook weer aangenamer."

## Verdrijft lastige luizen!

,,De een of andere bezoeker heeft door onachtzaamheid", vertelt Miep Frekwent, ,,ongemerkt lastige elektronika - luizen met zich mee gevoerd. Ik reageer allergisch op die beestjes die van weerstanden en condensatoren leven." ,,Daartegen helpt alleen", weet Armstrong, ,,een elektronische luizenverdrijver."

**94** Hij neemt weer de kiwi - orgel, maar vervangt nu R1, de 15 - kΩ - weerstand (bruin-groen-oranje), door R3, de 5,6 - kΩ - weerstand (groen-blauw-rood). Bovendien steekt hij in elk van de punten A en B een lange draad. ,,Dat akelige geluid" vermoedt de professor, ,,zal wel ook de laatste lastige beestjes uit je lab verdrijven."



## Geluid producerend consumtiewagentje

*Roberts notitieblok*

*We hebben hier", verklaart Armstrong, ,,een nieuw onderdeel gebruikt: een germaniumdiode. Ze wordt zo genoemd omdat ze het chemische element germanium bevat. Een LED laat de stroom slechts in een richting pas-seren; ze functioneert dus als een stroom - ventiel. In ieder geval moet men ze in de juiste richting in de schakeling zetten, zoals het schakelschema dat aantoont. Maak een tekening van de LED zelf en van het symbool daarvoor.*

Langzamerhand wordt het voor Armstrong en M-3 tijd, afscheid van de radio - afdeling te nemen. Samen met Miep Frekwent slenteren ze, in gesprek verdiept, naar de uitgangsdeur. Plotseling worden ze opgeschrikt door een afschuwelijk schrille signaaltoon. Armstrong en Robert zoeken dekking achter een reusachtige radioinstallatie, terwijl Miep lachend blijft staan: ,,dat was toch maar het signaal van ons consumptiewagentje. "

,,Ik heb hier", merkt M-3 op, ,,maar weinig menselijke telegrafisten gezien. De meesten die hier werken, zijn toch robots. Waarom moeten die wat eten?" Miep legt deze schijnbare tegenstelling uit: ,,natuurlijk kunnen hier de menselijke telegrafisten in de pauze verse broodjes krijgen. Maar ook onze rozerode robots kunnen zo nu en dan een opfrissing gebruiken. Ze krijgen drie keer per dag een opnieuw geladen accu. Met een paar verse volt in hun maag, vlot het werk heel wat beter.

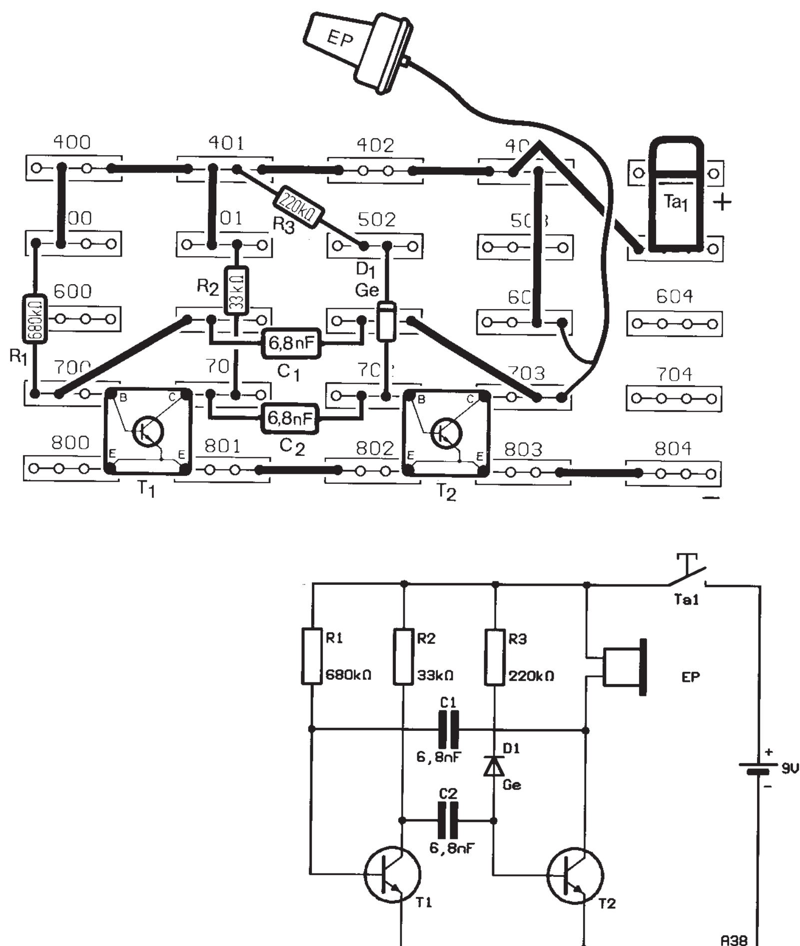
,,Maar dat is nog lang geen reden", klaagt Armstrong, ,,ons zulk een schrik op het lijf te jagen. Maar nu eens eerlijk: die signaaltoon wordt toch zeker ook door een elektronische schakeling opgewekt." Miep Frekwent bevestigt dat: ,,Natuurlijk, en wel door een bijzonder verfijnde schakeling. Als je wilt, kunnen we dat met een kleine demonstratie aantonen." Robert vindt dat prachtig.

**95** Mevrouw Frekwent zet de schakeling volgens de tekening links beneden in elkaar. Als Miep Ta1 bedient, doet de toongenerator zijn plicht.

,, De toon, die we zo juist gehoord hebben ", stelt Robert vast, ,,was niet dezelfde als die van het consumptiewagentje. "

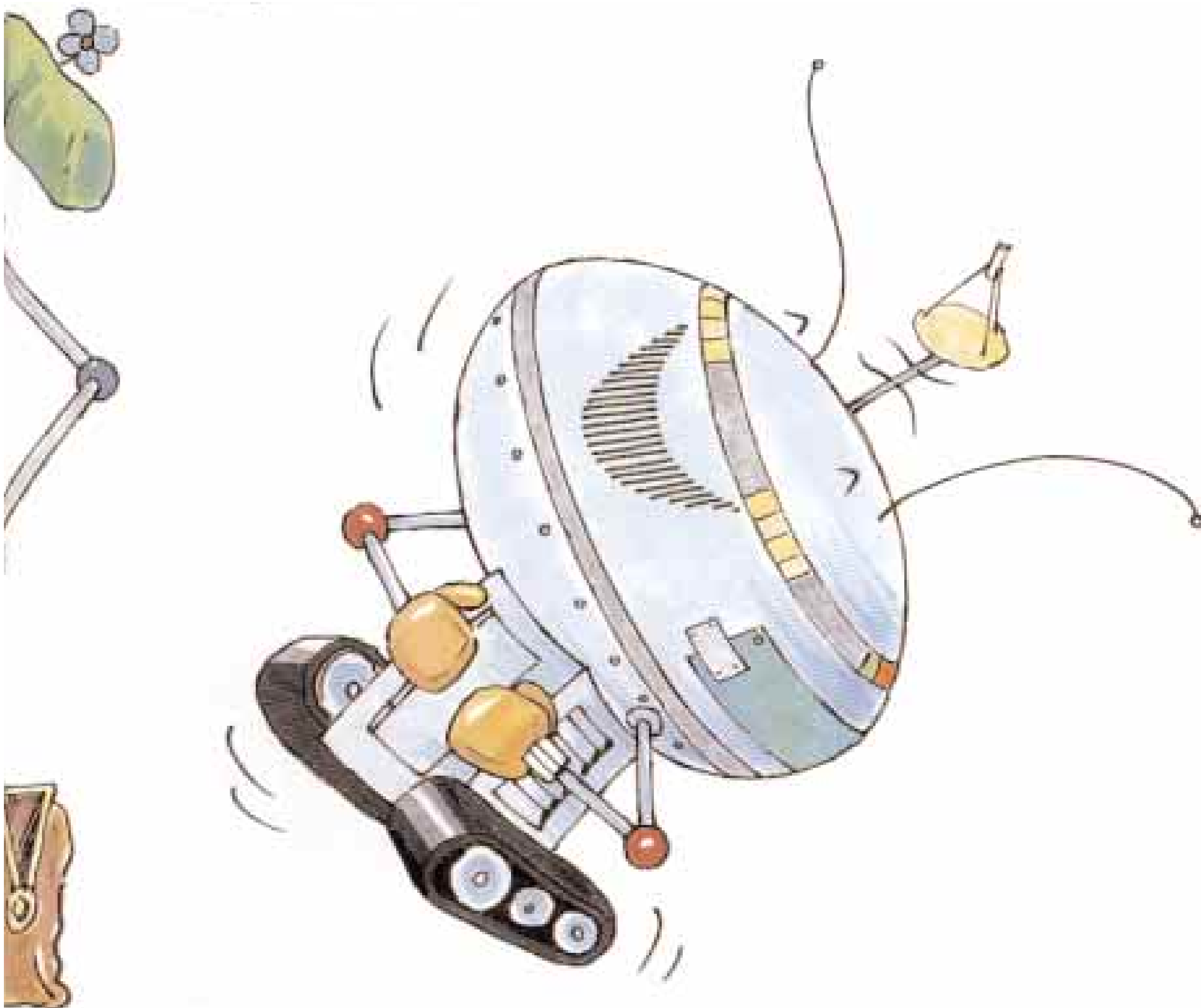
**96** ,,Je hebt gelijk", bevestigt Miep, ,,de originele schakeling daarvoor ziet er een beetje anders uit." Ze trekt de germaniumdiode D1 eruit en vervangt ze door een draadbrug .

En werkelijk, na een druk op de toets is de krachtige signaal toon van het consumptiewagentje te horen. ,,Ik geloof dat deze mooie schakeling een waardig slot van ons bezoek in de afdeling 'Neptunus' vormt, vindt Armstrong. Met een korte groet "tot ziens dan maar, Sirius" gaat de bezige Miep Frekwent in de richting van haar labor terug. M-3 en Armstrong verlaten de afdeling en keren weer terug naar de gigantische ring, om nog een bezoek aan een nieuwe afdeling te doen.






,,We gaan nu naar het amusement - centrum van Electronica", belooft de professor. ,,Oh fijn, amusement", roept M-3 verheugd, ,,daar is toch zeker voor de recreatie een spelcomputer. Langzamerhand toont mijn ervaringsgeheugen dat ik nog enige gegevens verwerken moet." Ze racen naar ,,Pluto", de studio's voor films, televisie en spelcomputers. ,,We kunnen, helaas, voorlopig niet aan spelen denken", betreurt Armstrong, ,,want in de eerste plaats gaan we kijken, hoe de programma's georganiseerd worden."
Door middel van Armstrongs universele code gaan alle poorten voor hen open en al spoedig staan ze midden in een reusachtige ruimte vol lampen en camera's. In grote neonletters staat er op de muur: ,,Stilte! Live - uitzending!" Daar de professor hier blijkbaar goed bekend is, verwacht Robert niet anders, dan dat meteen de een of andere oude vriend op de professor komt toestormen. Inderdaad komt hen haastig een heer met een opvallend kaal hoofd tegemoet, die echter helemaal geen vriendelijke indruk maakt: ,,Wat wenst u hier? U komt hier midden in een live - uitzending binnenvallen! Wilt u onmiddellijk verdwijnen, maar dat dan heel vlug! " Woedend drukt hij de beiden in de richting van de uitgang.
,,Maar ik, eh," stottert Armstrong, ,,ben professor Armstrong en wilde alleen maar even ..."
De man met het kale hoofd valt hem in de rede: ,,Bent u werkelijk Armstrong, die de 4-D-camera met hyperzoom en galactisch speciaal scheidend vermogen uitgevonden heeft?" vraagt de man vol respect. ,,Nu ja", doet de professor heel bescheiden, ,,de camera was eigenlijk een afvalprodukt van het wetenschappelijk onderzoek van Mars. Maar als u ze hier ook kunt gebruiken, dan vind ik dat natuurlijk fijn.
,,Oh pardon, ik vergat me voor te stellen.Aangenaam, Dan Movie", zegt hij. ,,Mag ik u persoonlijk in ons kleine rijk rondleiden? Daar bijvoorbeeld is de controle - cabine, waar alle informaties en alle opnamen gestuurd worden." Dan opent een deur. Armstrong en M-3 staan plotseling voor een grote muur met talloze monitoren; op elke monitor is een andere film te zien! ,,Uit de opnamen die wij gedeeltelijk zelf hier produceren en gedeeltelijk van de aarde ontvangen, kiezen we 37 programma's voor Electronica uit. Bijvoorbeeld op dit beeldscherm", verklaart Movie en wijst op een van de supervlakke schermen, ,,ziet u de uitzending, die zojuist in het studio hiernaast wordt opgenomen." M-3 wrijft zijn optosensoren en concentreert zijn attentieprogramma op dat bepaalde beeldscherm: ,,dat is een quiz! Dat is reusachtig! Daar kijk ik altijd naar, als 't enigzins kan."



# Met elektronika de maat aangeven

Zojuist zingt de heelal - ster Kosmo Politan een sentimenteel lied. Hij heeft het over liefde, die zo oneindelijk is als het heelal, van verlangen, dat dieper is dan een donker gat. De professor krijgt tranen in zijn ogen, alleen Robert blijft ongeroerd: het liefdessegment van de gevoeligheidskaart is bij de robots uit de serie M-3 niet bezet. Robert bemerkt, dat het begeleidende kosmos - orkest slechts uit een enkele man bestaat. Toch zijn de ,,slagwerksoli" verbluffend echt en professioneel. ,,Hoe kun je trommelen zonder trommel?" doet Robert zijn leermeester uit z'n dromen opschrikken. De professor concentreert zich vlug op Roberts vraag: ,,Met elektronika is dat mogelijk. We kunnen nu natuurlijk geen slagwerk - computer

**97** bouwen, maar ter demonstratie is de volgende schakeling best geschikt. "

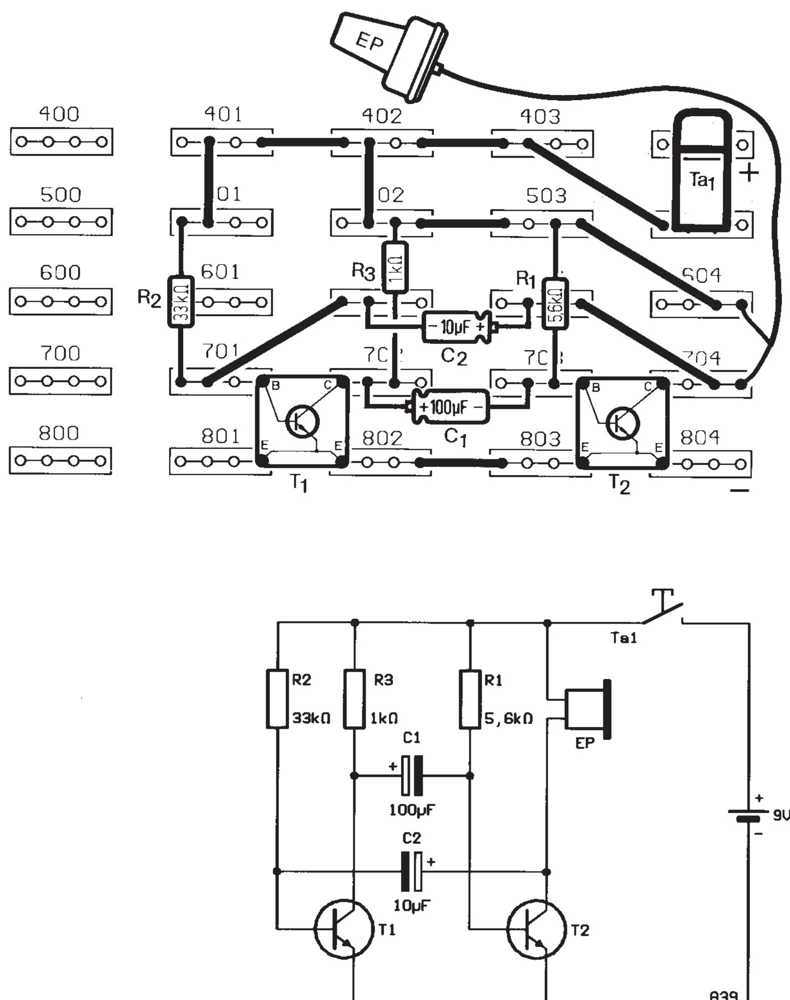
Hij zet het automatische eenvoudige slagwerk volgens het hier boven getoonde schema in elkaar. Hij gebruikt voor R2 een weerstand van 33 kΩ (oranje-oranje-oranje) en drukt op de toets.

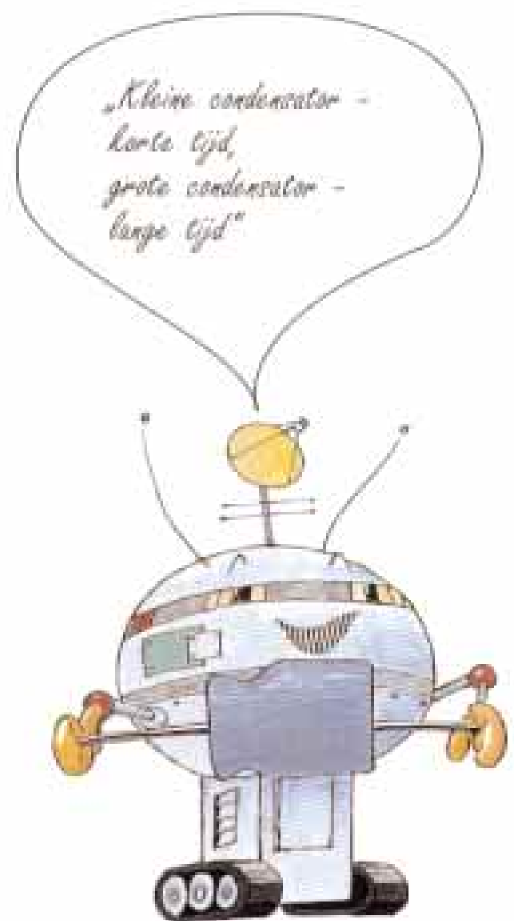
Robert luistert vol spanning naar de tonen in de oortelefoon en concludeert met een blik op zijn tijdmeter: ,,Het apparaat laat een toon per seconde horen. Daarmee kan men echter slechts heel langzame muziek begeleiden", betreurt M-3. ,,Is 't niet ook wat vlotter mogelijk?"

**98** Armstrong maakt een parallelschakeling door naast de weerstand R2 met 33 kΩ een weerstand van 15 kΩ (bruin-groen-oranje) te zetten. Nu is het knakken in het elektronische apparaat ongeveer drie keer per seconde te horen. ,,Bij deze snelheid zal Kosmo zeker buiten adem raken", vermoedt Robert. ,,Om te kunnen ontspannen zouden we hem een vreselijk langzaam ritme moeten gunnen."

**99** ,,Geen probleem ", meent Armstrong en gebruikt voor R2 een weerstand van 100 kΩ (bruin-zwart-geel). Alle twee seconden is er een knakgeluid in de oortelefoon. ,,De verschillende snelheden van de knakgeluiden", verklaart de professor, ,,worden daardoor veroorzaakt dat bij grotere weerstandswaarden de condensatoren langzamer, bij kleinere weerstanden daarentegen sneller opladen."

,,Zulk eenvoudige 'slagwerk - schakelingen' vult Movie aan, "noemen we in de muziekwereld 'metronomen'. Op het podium zul je ze zelden vinden, maar bij de oefeningen worden ze door veel musici graag gebruikt."

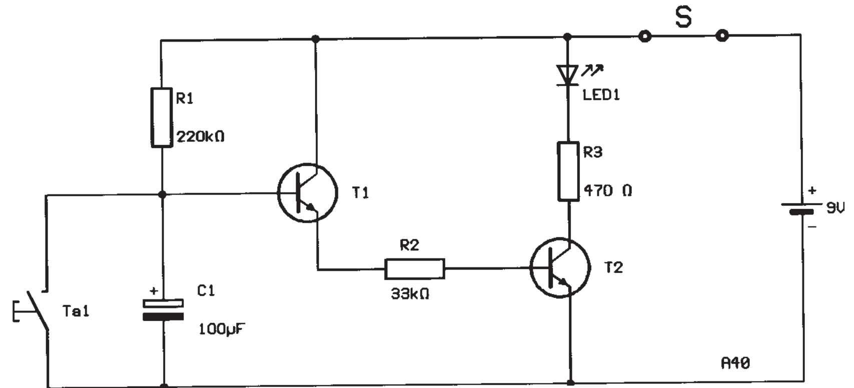


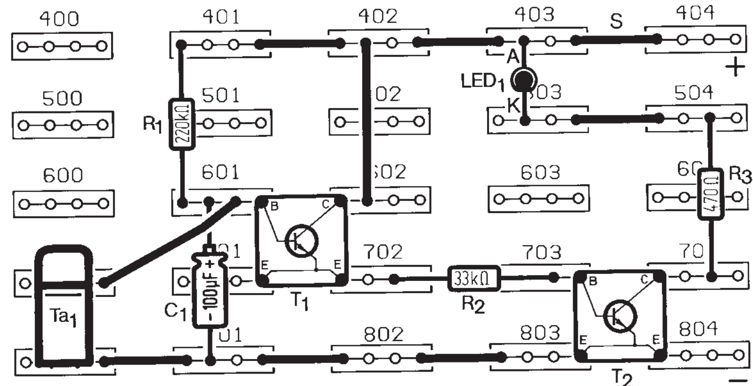



Kosmo heeft zijn ontroerend lied beeïndigd. Nu volgt een quiz. Kandidaten uit het publiek moeten in een bepaalde tijd vragen beantwoorden. Quintus Quasar, de conferencier, stelt de eerste vraag: ,,Wat is voorzien van een dissel, hoewel het niet getrokken wordt? "Op het ogenblik, dat hij het laatste woord van de vraag heeft gezegd, drukt hij op een rode knop. Een LED die zich op de tafel voor het publiek bevindt en tot nu gebrand heeft, gaat uit. Vliegensvlug komt het antwoord van een knappe kandidaat: ,,het sterrenbeeld van de 'Grote Wagen' natuurlijk." Pas een ogenblikje na het antwoord begint de diode weer te branden.

,,Maar nu wordt het moeilijker", kondigt de showmaster aan, ,,de tweede vraag: waaraan herkent elk kind Mr. Spook uit de TV - serie 'het ruimteschip De Tulp'?" Ook nu drukt hij weer op de knop en de LED gaat uit. De kandidaten denken na, de seconden gaan voorbij. De LED gaat weer aan, geen enkele kandidaat heeft het juiste antwoord gegeven.

,,Dat had ik wel geweten, die had toch zulk spits toelopende oren", zegt M-3 trots. Zijn wetenschapsgeheugen bevat ook het vakgebied ,,Televisie in de 20ste eeuw". ,,Maar wat me eigenlijk veel meer interesseert: hoe wordt die eigenaardige quiz - LED gestuurd?"




**100** Wat een toeval! Dan heeft het schakelschema precies voor dit apparaat bij zich - hetzelfde als boven in de tekening getoond wordt. M-3 zet de schakeling volgens het schema in elkaar.

Inderdaad: de LED brandt en toont aan dat de schakeling functioneert.

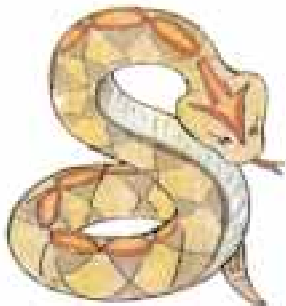
**101** ,,Mag ik?" Robert drukt, zonder het antwoord af te wachten, op de toets. Precies zoals in de show gaat de diode voor ongeveer vijf seconden uit.

Als ze weer begint te branden is dat het signaal dat de voor het antwoord ter beschikking staande tijd afgelopen is. Quasar begint nu met de superquiz, voor het juiste antwoord is de puntenwaardering dubbel zo hoog. De kandidaten hebben slechts twee a drie minuten de tijd om te antwoorden. ,,Hoe kan de diode weten, dat ze nu na een kortere pauze weer moet branden?" wil M-3 weten.

**102** ,,Je kunt de schakeling makkelijk veranderen", verklaart de professor. Hij vervangt de 220 - kΩ - weerstand R1 (rood-rood-geel) door een 100 - kΩ - weerstand (bruin-zwart-geel). Nadat hij op de toets gedrukt heeft, gaat de LED inderdaad twee a drie seconden lang uit en begint dan weer te branden. Movie laat het zich niet ontgaan, de robot de schakeling uit te leggen: ,,eerst krijgt T1 via R1 een basistroom. Hij wordt geleidend, zijn emitterstroom stroomt naar de basis van T2. Nu is ook T2 geleidend, de stroom gaat door de diode, zodat deze begint te branden. Als men op de toets drukt, dan verbindt men de basis van T1 met de minpool van de batterij met het resultaat dat T1 blokkeert, T2 blokkeert en de LED uitgaat en de condensator leeg wordt." ,,Zo ver, zo goed", zegt Robert, ,,maar hoe komt het dat de LED na een paar seconden weer begint te branden?" Ook om het antwoord op die vraag is Dan niet verlegen: ,,Als je de toets loslaat, gaat er via R1 stroom naar de lege condensator; voor de basis van T1 blijft er voorlopig niets over. Maar zodra de condensator gevuld is, kan er basisstroom naar T1 gaan. T1 wordt geleidend, T2 ook, en de LED begint te branden."



# Als de Venus-adder danst



,,Schakelingen, die geluid produceren", begint Armstrong, ,,hebben we al vele malen leren kennen. En we weten ook dat de toonhoogte afhankelijk is van de condensatoren en hun weerstandswaarden. Bij de volgende schakeling kan de bij de condensator C2 behorende weerstand door verschillende toetscombinaties vier verschillende mogelijkheden bieden: Als er geen enkele toets ingedrukt wordt, dan werken de in serie geschakelde weerstanden van R2 en R3 (133 kΩ). Druk je op beide toetsen, dan worden de weerstanden R1 en R2 parallel geschakeld (31,5 kΩ). Drukt men alleen op Ta1 dan wordt R1 parallel geschakeld met de in serie geschakelde weerstanden van R2 en R3 (111 kΩ). Wordt alleen Ta2 ingedrukt, dan werkt alleen nog maar de weerstand van R2 (33kΩ)." Daar Robert instemmend knikt, stelt Armstrong hem op de proef: ,,kun je alleen op grond van de genoemde ohm - waarden bepalen, op welke toetsen je achter elkaar moet drukken, opdat er een aantal steeds hoger wordende tonen ontstaat?" Dat is geen probleem voor Robert: ,,Iemand, die in uw cursus goed opgelet heeft, kan dat makkelijk." ,,Mag ik jullie naar het studio 313 geleiden?", biedt Dan aan, ,,daar wordt zojuist een bijdrage voor de serie avonturen 'de wonderen van de aarde - de wonderen van het heelal' opgenomen." Van verre kan men reeds eigenaardige geluiden van ,,S 313" horen. "Die geluiden zijn niet bepaald aangenaam voor mijn akoestische sensoren", klaagt Robert. ,,Het optische genot maakt dat zeker weer goed", belooft Dan Movie. Achter een ruit van dik pantserglas zit een man met de benen over elkaar, en met een geweldige tulband op z'n hoofd. Een gevlochten mand staat voor hem. Op de maat van de muziek komt uit de mand een angstaanjagende Venus - adder in bochten kronkelend omhoog. De slang danst heen en weer, maar valt de muzikant niet aan.

,,In mijn wetenschapsgeheugen vind ik onder het trefwoord 'slangenbezweerder' de aanmerking, dat fluittonen op gevaarlijke slangen een geruststellende uitwerking kunnen hebben," vertelt M-3. ,,Maar hier in het studio zie ik nergens een fluit!" ,,Je moet eens goed kijken", merkt Dan op, ,,de magier heeft een klein kastje met twee toetsen in zijn hand. Daarmee speelt hij de melodie, die jij weliswaar te schril vindt, maar die de adder blijkbaar bevalt."

,,Zou je eigenlijk niet altijd zulk een apparaat bij je moeten hebben voor het geval dat je hier ergens een Venus-adder tegenkomt?" vraagt Robert bezorgd. ,,Het risico dat je zulk een slang tegenkomt is niet bijzonder groot", stelt Armstrong hem gerust. ,,Maar dat hindert ons niet, een 'vier - tonen - slangenbezweerder-apparaat' te bouwen."

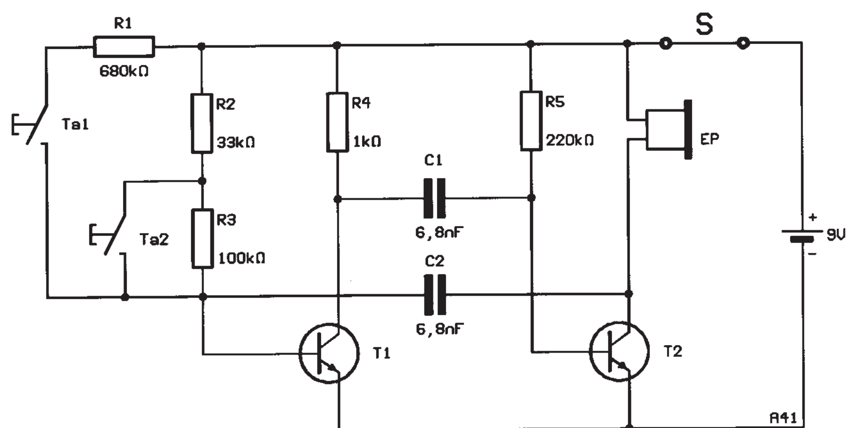
**103** Hij zet de schakeling volgens de tekening in elkaar, en weleerst zonder de brug S. Robert is te haastig en drukt op de toets. Natuurlijk gebeurt er niets, want de spanningsbron is nog niet aangesloten.

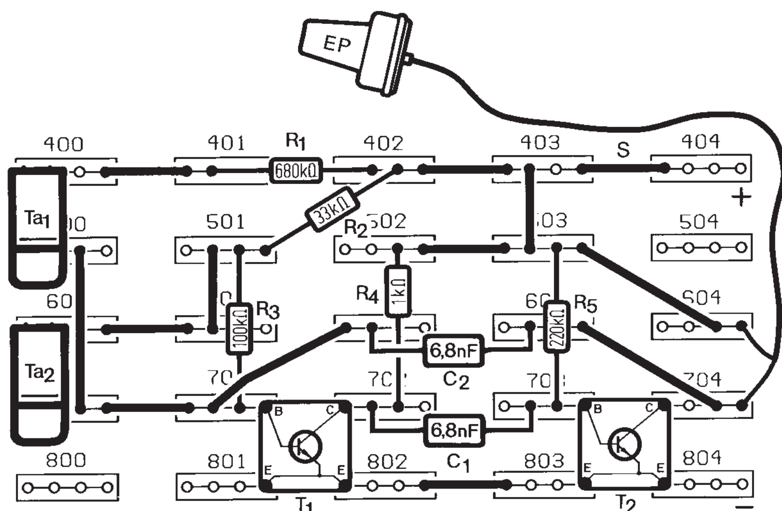
**104** Maar dan steekt Armstrong de brug S in de schakeling. Onmiddellijk is een lage toon in de oortelefoon te horen.

**105** M-3 gaat door met proberen, om te zien welk effect de toetsen hebben. Eerst drukt hij op Ta1.
Nu hoort hij een andere toon, deze is hoger dan de vorige.

**106** Natuurlijk probeert Robert ook de toets Ta2, de daardoor opgewekte toon is nog iets hoger dan de beide voorafgaande tonen.

**107** Tenslotte legt M-3 zijn grijpvingers op Ta1 en T2 tegelijkertijd.
Die laatste toon, die deze schakeling kan produceren, is de hoogste van alle tonen. Robert speelt een poosje met de toetsen, tot hij een aardig melodietje gevonden heeft. Maar dan wil hij natuurlijk toch nog weten, hoe deze schakeling functioneert.



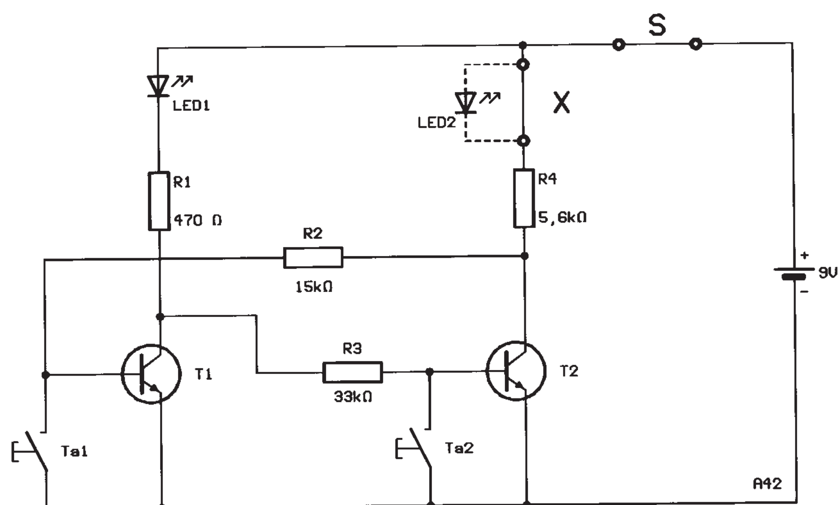



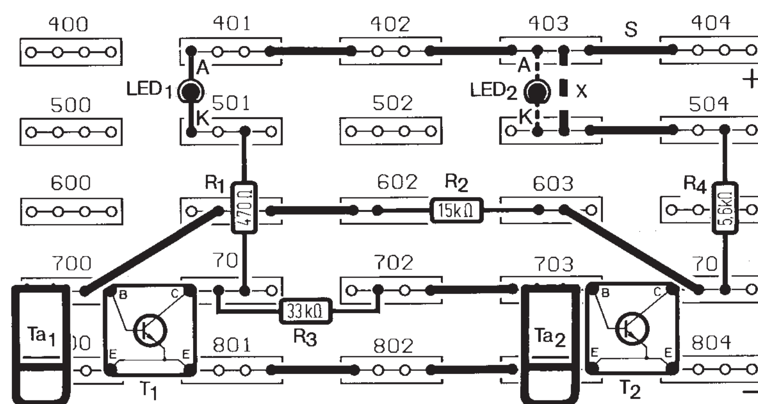
Natuurlijk brandt ook hier boven de deur van het studio een waarschuwingsdiode gedurende de opname. ,,Heb je eigenlijk al eens erover nagedacht", test Armstrong zijn assistent, ,,hoe deze diode geschakeld wordt?" Zonder lang na te denken, antwoordt M-3: ,,tja, ik vermoed dat de regisseur met een tuimelschakelaar de lamp aan en uit doet."
,,Dat is mis", mengt Movie zich in het gesprek, ,,in de hectische studiosfeer heeft onlangs een regie-assistent zijn kop koffie op de tuimelaarschakelaar gezet. Omdat de toegang niet verboden was, kwam een troep robots naar binnen stormen, waardoor de hele opname bedorven werd."
,, Ik vermoed ", zegt Armstrong, ,,dat de regisseur in dit geval twee schakelaars naast zijn stoel heeft. Een kleine voor de opnameperiode en een grote voor de pauzes." Dan bevestigt dat: ,,Precies, op die manier is hij er zeker van, dat altijd iedereen naar zijn pijpen of zijn schakelaar danst. "
,,Kan misschien iemand een kleine, domme robot uitlegen, hoe dat dan functioneert?", onderbreekt Robert het gesprek van de beide experten. ,,Ja, natuurlijk," keert Armstrong zich tot M-3 toe, ,,het schakelschema moet in mijn tas zitten."

**108** Armstrong zet de schakeling volgens de afbeelding hiernaast in elkaar. ,,Eigenlijk moet deze schakeling je bekend voorkomen. Gaat je nu een licht op?" M-3 peinst: ,,Ik zou ze eerst even moeten proberen ! "

**109** Hij drukt eerst op de toets Ta 1, dan op de toets Ta2. Ta2 schakelt de diode steeds aan, Ta1 steeds weer uit. Als de LED reeds brandt, wordt door de bediening van Ta2 niets veranderd; is ze reeds uit, dan kan men zo vaak als men maar wil op Ta1 drukken; er gebeurt niets. Roberts schakelkringen lopen warm. Eindelijk heeft hij het door: ,,ach, de flipflop - schakeling! "
,,Precies", bevestigt de professor, ,,druk je op Ta2, dan blokkeert T2; T1 is dan geleidend en de stroom kan door de diode gaan. Druk je daarentegen op Ta1, dan blokkeert T1, en de LED gaat weer uit. Nu is T2 geleidend en T1 blijft gesperd."
,,Eigenlijk simpel", merkt Robert op en loopt verder.
,,En wat is dat hier?", als hij voor een open sluisdeur staat, waar zich twee schakelaars bevinden, een rode en een groene LED. De groene LED brandt. ,,Tja", lacht de professor, ,,dat is eigenlijk ook heel eenvoudig."
Ze stappen in de sluis. Dan drukt op de eerste schakelaar. De deur gaat dicht, de groene LED gaat uit, de rode begint de branden, het signaal: de sluis is bezet. Om de deur te openen drukt Movie op de andere schakelaar; de rode diode gaat uit, de groene weer aan, het signaal: de sluis is niet bezet.
,,Wij hadden grote problemen met de elektronikaluizen, die hier door de een of ander naar binnen gevoerd werden. Om dat in de toekomst te voorkomen, werd deze sluis geInstalleerd."
Robert begrijpt nu wel, waartoe die sluis dient maar de schakeling blijft voor hem een raadsel.

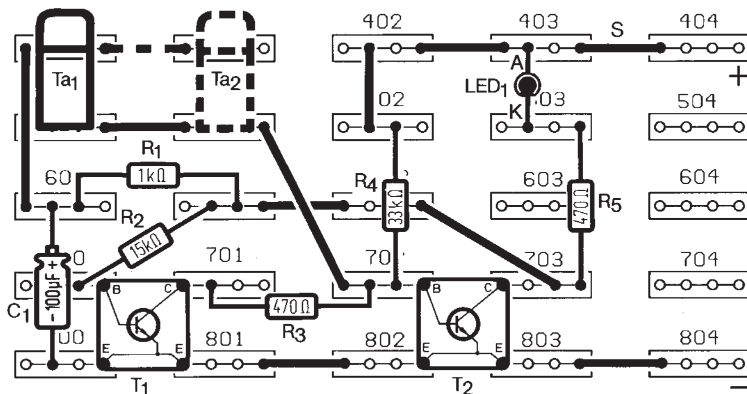
**110** ,,Ik plaats hier voor R4 een weerstand van 470 Ω (geel-violet-bruin)", legt Armstrong uit, ,,dan vervang ik de draadbrug X door de in de afbeelding gestippeld getekende groene LED." ,,En nu hebben we al het gewenste effect. Met de ene toets wordt steeds alleen de groene, met de andere steeds alleen de rode LED ingeschakeld. Als de betreffende diode reeds brandt, verandert men niets, als men op de toets drukt. "

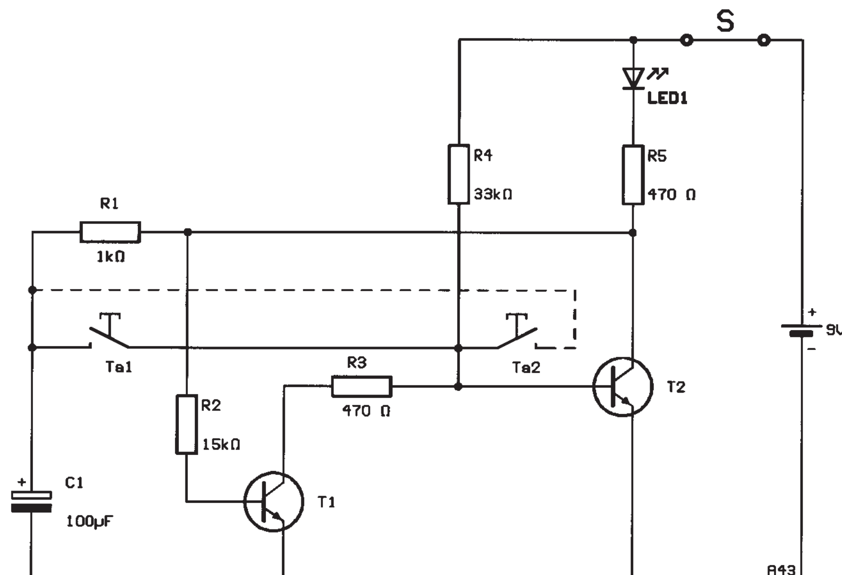


## Maar deze schakelaar kan meer

Armstrong en Robert nemen afscheid van hun vriendelijke begeleider: ,,Mister Movie, we moeten, helaas, onze rondgang nu voortzetten. Het bezoek aan uw afdeling was spannend en interessant!" ,,Is nu 'Saturnus' aan de beurt?" herinnert zich M-3 aan de aankondiging van de professor. ,,Hoe komen we daar naar toe?" Dan helpt de robot bij het programmeren van de weg: ,,In ieder geval moeten jullie eerst door die lange, smalle, donkere gang daar. De schakelaar voor het licht vind je meteen hier bij de uitgang links. Doe bij het verlaten van 'Pluto' de LED alsjeblieft weer uit!" Bij het afscheid stopt hij hen nog een elektronische schakeling toe: ,,jullie zullen 't nog wel merken, dat je 'm nodig hebt."
Inderdaad, de professor en zijn assistent vinden, zoals Dan dat gezegd heeft, bij de uitgang de schakelaar voor het licht. M-3 drukt op de toets, het licht gaat aan. Hij drukt nog een keer en het licht gaat uit. Nadat hij een derde keer op de toets gedrukt heeft en het licht aan is, gaan ze verder. Aan het einde van de gang hoeven ze alleen maar op de tweede knop te drukken, om het licht uit te doen, zoals Movie dat verteld had. ,,'n Ogenblikje" begint het Armstrong, die nog steeds de schakeling van Movie in zijn handen houdt, duidelijk te worden. ,,Dat is toch ...". Hij bekijkt de schakeling van alle kanten.




**111** ,,Dat is toch een elektronische wisselschakelaar - zoals hier in de gang! " Hij ziet er net zo uit als op de afbeelding op deze bladzijde, dus zonder de gestippelt getekende onderdelen. M-3 onderzoekt ook de schakeling: ,,functioneert die dan eender?"

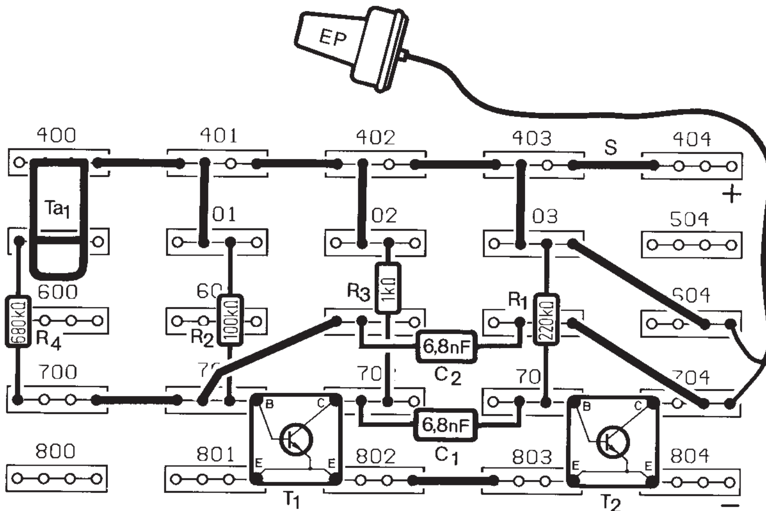
**112** De robot drukt meerdere malen op de toets Ta1. Het licht gaat aan en uit, aan en uit. Na elke druk op de toets verandert het. ,,Maar dat is toch nog geen wisselschakelaar", vindt Robert. ,,Nou, dat scheelt niet veel", zegt Armstrong.

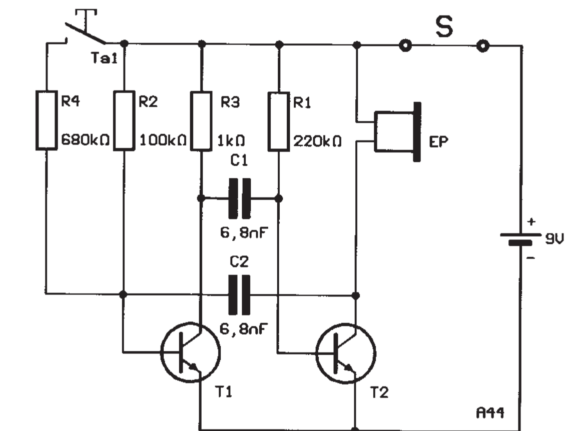
**113** De professor plaatst nog de gestippelt getekende toets Ta2 en de daarbij behorende verbindingsdraden in de schakeling. M-3 test de uitgebreide schakeling: ,,als de LED niet brandt, gaat ze na het indrukken van de toets aan - om het even, welke toets ik bedien. Omgekeerd is 't hetzelfde: brandt de diode, dan kan ik ze met een druk op een van de toetsen weer uitdoen - ideaal! "
,,En", wil Armstrong weten, ,,heb je ook begrepen, waarom dat zo is?" M-3 denkt er even over na: ,,Dat is toch weer een flipflop! De toetsen Ta1 en Ta2 zijn parallel geschakeld. Eerst blokkeert de transistor T2; daardoor wordt de condensator C1 via R1, R5 en de LED1 geladen. Met elke druk op de toetsen gaat stroom van C1 naar de basis van T2, die dan geleidend wordt. Na de volgende druk op de toets zorgt de (lege) condensator ervoor, dat T2 blokkeert: de oorspronkelijke situatie is weer ontstaan."
,,Goed zo, Robert", prijst de professor hem, ,,na ons werk hier kunnen we ons gaan vermaken."

,, Hier op 'Saturnus' vermaken zich de mensen en de robots", vertelt Armstrong. Robert kijkt met zijn optosensoren in het rond. Overal ziet hij lichtreclames voor alle mogelijke attracties. Hier maakt een bioscoop reclame voor de 4-D-film: ,,AT - de buitenaardse"; daar flitsen de lichten van de wereldruimte - disco ,,Meteor" en het danslokaal ,,the dansant". Een reisbureau belooft een avontuurlijke vacantie in de kanalen van Mars. ,, Ik stel voor, dat we eerst een kop koffie gaan drinken in het gezellige 'Cafe Cassio - peia'" vindt de professor. Robert vindt dat absoluut niet interessant, want robots houden helemaal niet van eten en drinken; ze staan steeds weer verbaasd van de eigenaardige drang van de mensen naar dit ,,genot". M-3 gaat heel doelbewust op de hal met de spelcomputers af. ,,Space Games" en ,,All-Fun" staat er op het reclamebord. De professor moet zijn kop koffie wel uit zijn hoofd zetten.
Als de professor, M-3 volgend, die speelhal binnenkomt, is Robert al bezig met een ,,flipper - flopper". De kogel rolt heen en weer, zo nu en dan toont het snorren van de teller dat Robert succes heeft. De robot is enthousiast over het rinkelen en piepen van het toestel. Armstrong merkt het aan het harde sissen. Als dat wat minder wordt, rolt Robert haastig naar een beeldscherm. Daar moet de speler in zo kort mogelijke tijd elektronikaluizen met een steeds kleiner wordende optische luizenklap treffen. M-3 heeft het principe echter razendsnel door en begint zich te vervelen.
Maar daar ontdekken zijn optosensoren een affiche met een ,,spiraalnevel - gigantische" Go - Cartbaan. ,,Dat zou me wel bevallen!" roept hij opgewonden en rolt in de richting die de pijlen aanduiden - 't cafe voorbij. De professor komt vandaag niet aan zijn koffie.
Robert is al in een van de avontuurlijke, door zonneënergie gedreven go - carts gestapt en gestart. De renner racet door de ringvormige, glazen tunnel, die om de hele afdeling leidt. Hij raast twee, drie keer met piepende, knarsende banden in 't rond, dan komt hij met sirenegeloei op de boxen af. Zijn optosensoren maken een wat benevelde indruk. ,,Ook al bevat je wetenschapsprogramma een rijbewijs, 't is toch niet zo makkelijk een auto goed te besturen", spot de professor. ,,Werden je transistoren zo hevig door elkaar geschud, dat je niet eens meer naar de functie van de elektronische waarschuwingssirene van de go - cart informeert?" vraagt de professor verwonderd.



## Schril, schriller, 't schrilst



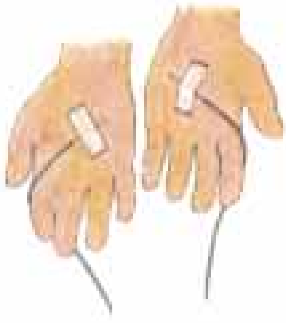

Robert drukt nog eens op de sirene van de go - cart en concentreert zich op de toon. ,,Het zijn twee verschillende tonen ", stelt hij vast. ,,Ja, precies", bevestigt de professor, ,,een toets en twee tonen, zoals je meteen zult zien."

**114** Armstrong haalt de nodige onderdelen uit zijn tas.Hij zet ze in elkaar zoals de tekening hierboven toont. Als hij de brug S in de schakeling steekt, is een lage toon te horen.

**115** Robert drukt nu voorzichtig op de toets Ta1. De toon wordt duidelijk hoorbaar hoger. ,,Maar de sirene van de go - cart is veel dringender" kritiseert Robert. ,,Door een kleine verandering kunnen we een signaal verkrijgen, dat even schril is", verklaart de professor.

**116** Hij vervangt de weerstand R4 door een 33 - kΩ - weerstand (oranje-oranje- oranje). Na 't indrukken van de toets wordt de toon nog veel hoger. ,,Nu is de toon bijna eender", bevestigt M-3.

## Elektronische leugenverklikker



,,Zeg de waarheid!" roept een marktschreeuwer, die op de straathoek staat. ,,Hij bedoelt dat niet zo", weet Armstrong nog van zijn laatste bezoek, ,,'t is een spel."

Robert rolt ernaar toe. Telkens weer is de een of andere recreant graag bereid, op de ,,stoel der waarheid" plaats te nemen en de meer of minder netelige vragen te beantwoorden. Zodra zijn antwoord wat van de waarheid afwijkt, wordt dat op de indicatie van een elektronisch apparaat zichtbaar; uit een luidspreker toont dan een hogere toon.

Robert rolt heel zachtjes achter de apparatuur om de schakeling te inspecteren. ,,Als dat niet precies de kiw i- instrumenten - schakeling is, dan ben ik niet Robert M-3" roept hij de professor toe. Hij haalt uit Armstrongs tas de nodige onderdelen en zet de schakeling (zoals voor proef 87 beschreven) in elkaar. "Mag ik u even testen ", vraagt hij Armstrong. De professor aarzelt: ,,nou, als 't absoluut niet anders kan."

**117** Robert maakt de blanke draadeinden met plakband in Armstrongs handpalmen vast.

,,Vindt u dat ik een goede assistent ben?" begint M-3 met zijn vragen. Zonder na te denken antwoordt Armstrong met een krachtig ,,ja". Daar de toon uit de luidspreker niet hoger wordt, moet Armstrong wel de waarheid gezegd hebben.

,,Bent u vroeger een goede scholier geweest?" wil Robert weten. De professor aarzelt een beetje: ,,Nou ja, tamelijk". ,,Betrapt!" juicht Robert, want de hoge toon duidt aan dat de professor verlegen werd en niet de waarheid gezegd heeft .

,,We stoppen daarmee" maakt de professor een einde aan het verhoor. ,,Nu stel ik je een vraag: hoe functioneert de leugendetector?" Het antwoord levert voor Robert geen probleem op: ,,Door het vocht van uw handen werd de weerstand tussen A en B van de schakeling minder. Daardoor kan het systeem tussen de twee transistoren T1 en T2 sneller heen en weer gaan, waardoor de toon hoger wordt.." ,,Maar nu ben jij aan de beurt", vindt de professor. ,,Dat heeft geen zin", antwoordt M-3, ,,want ten eerste zweten robots niet en ten tweede zeggen ze steeds de waarheid."

Buiten botst de professor, die diep in gedachten is, tegen een man, die hij eigenlijk had moeten zien, want diens eigenaardige kostuum is opvallend. ,,Als dat niet die goede ouwe Sirius is, dan moet ik van de stroom getroffen worden", roept de heer met de puntige muts en de donkerblauwe cape vol met sterren uit.
,,Hokus, hoe lang is't geleden, dat we elkaar ontmoetten?" vraagt de verraste Armstrong. ,,Mag ik je de grootste tovenaar van deze melkweg voorstellen: Hokus Pokus, zijn burgerlijke naam is Piet Jansen. En dat hier", hij wijst op Robert, ,,is mijn nieuwe assistent Robert M-3, zojuist van de aarde gehaald." Hokus begroet M-3. ,,Aangenaam, zo iemand had ik ook goed kunnen gebruiken. Robert vat dat als een compliment op en zoemt heel trots. "Wat doe je hier boven?" wil Armstrong van de tovenaar weten. ,,Sinds een paar maanden heb ik hier op 'Saturnus' een eigen tovershow", bericht de magier. ,,En maak je nog steeds je elektronische trucs?" vraagt Armstrong vol belangstelling. ,,Natuurlijk! Kom toch vanavond naar mijn show", nodigt Pokus beide uit, ,,misschien hebben jullie de een of andere truc door." Na een fascinerende opvoering in de feestelijk versierde zaal presenteert Hokus het hoogtepunt van zijn show: als door een geheimzinnige kracht bewogen, gaat een rode diode heel langzaam uit, terwijl een groene LED sterker begint te branden. Na een stormachtig applaus gaan Armstrong en Robert naar de garderobe van Hokus. M-3 valt met de deur in 't huis: ,,Hoe zit 'em dat eigenlijk met het laatste nummer?" Hokos gooit een handvol onderdelen op zijn schminktafel, ,,nou, denk er eens goed over na, je moet deze delen gewoon op de juiste manier in elkaar zetten." Nadat Robert een hele tijd erover heeft zitten puzzelen, komt hij met een voorstel.

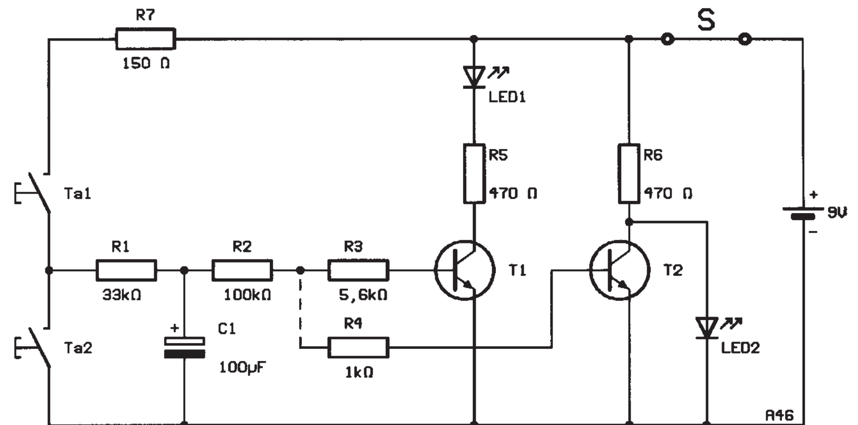
**118** Hij toont zijn schakeling, die met het schema hierboven overeenkomt, terwijl de weerstanden R4 en R6, evenals T2 en LED2 er nog niet in zitten. Hokus bekijkt de opbouw kritisch envindt: ,,Niet slecht, om te beginnen."

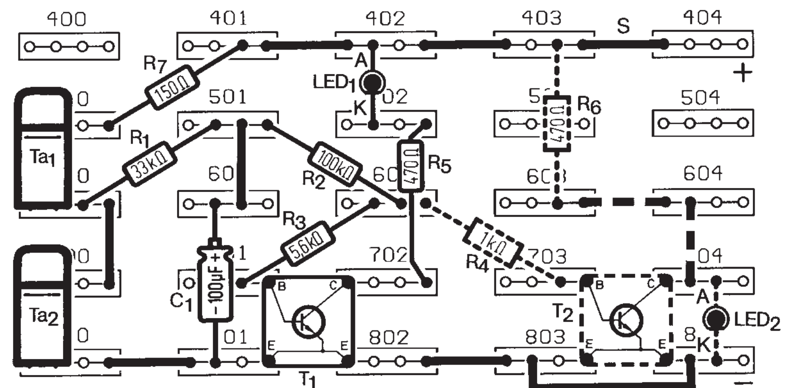
**119** Ja maar de voorstelling komt nu pas", kondigt Robert aan en drukt op de toets Ta 1. De rode LED begint zachtjes te schijnen en brandt langzaam aan steeds feller.

**120** Zo, en nu komt het vervolg", zegt Robert enthousiast en drukt op de toets Ta2. Even langzaam en zachtjes gaat de rode LED nu weer uit.

**121** Nu begint de professor zich ermee te bemoeien.Hij steekt de tot nu toe niet gebruikte onderdelen in de schakeling. Na een druk op de toets brandt de rode LED steeds feller, terwijl de groene LED steeds donkerder wordt - en omgekeerd.

**122** ,,Spectaculair wordt het effect, als ik voor C1 een condensator van 10 µF neem." Inderdaad wisselen de kleuren nu sneller. ,,Nu wacht ik alleen nog maar op je verklaring", vindt Hokus.
,,Kun je 't nader uitleggen, Robert?" ,,O.K.", nikt M-3. ,,In de eerste plaats ga ik er van uit, dat het



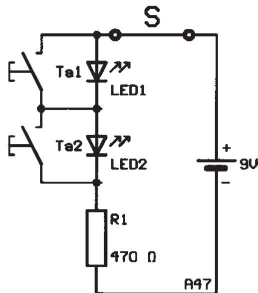



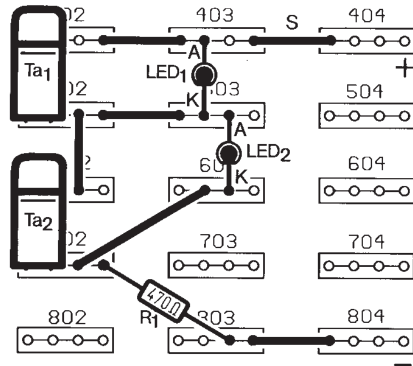

tweede gedeelte van de schakeling nog niet in elkaar gezet is. Men ziet, dat de condensator C1 via R1 kan worden opgeladen en ook weer ontladen wordt. Als de Ta1 - toets ingedrukt wordt, begint deze langzaam op te laden, na 't indrukken van Ta2 begint hij net zo langzaam te ontladen. De activiteit van de condensator beïnvloedt via R2 en R3 ook de basis van T1: als de condensator vrij vol is, gaat een gedeelte van de via R1 vloeiende stroom naar de basis en T1 wordt geleidend. De rode LED begint te branden. Door Ta2 in te drukken wordt de condensator weer ontladen, zodat er spoedig geen stroom meer naar de basis van T1 vloeit; hij begint te sperren."
Robert moet eerst even nadenken, maar dan vindt hij ook het tweede gedeelte van de verklarlng: ,,Als er extra onderdelen ingezet worden, verandert er aan het voorste gedeelte van de schakeling helemaal niets. Er blijft alleen nog maar een beetje stroom over voor de basis van T2. T2 wordt daardoor eveneens geleidend, als T1 geleidt; hij blokkeert, als T1 blokkeert. De parallelschakeling van transistor en LED zorgt ervoor dat de groene LED2 brandt, als T2 spert en uitgaat, alsT2 geleidt.

*Roberts notitieblok*

*De kleureffecten komen bijzonder mooi uit in een donkere kamer.*

## Het eerste lichtspel van de magiër



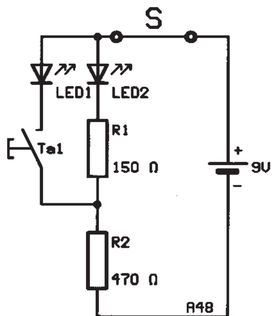



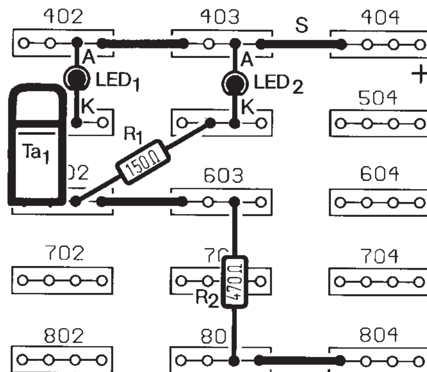

,,Voor rode en groene diodes heb ik een faible", bekent de tovenaar Hokus Pokus, ,,daarom heb ik een reeks schakelingen ontwikkeld, die op aan- en uitschakelen op verschillende manier reageren." ,,Kunt u ons misschien nog de een of andere tonen?" vraagt Robert.

**123** Geen probleem, hoor", vindt Pokus en zet een schakeling in elkaar, die met het schema hiernaast overeenkomt.

Wordt er geen toets ingedrukt, dan branden beide diodes. Druk je Ta2 in, dan gaat de groene diode uit, druk je Ta1 daarentegen in, dan gaat de rode uit. Als je beide toetsen indrukt, dan is er niets meer van het kleurenspel te zien: beide LED's zijn uit. ,,De verklaring daarvoor is heel eenvoudig", licht de tovenaar toe: ,,Door de druk op de toets vloeit de stroom door die toets quasi om de diode heen."

## Stuiver - wisselen met diodes



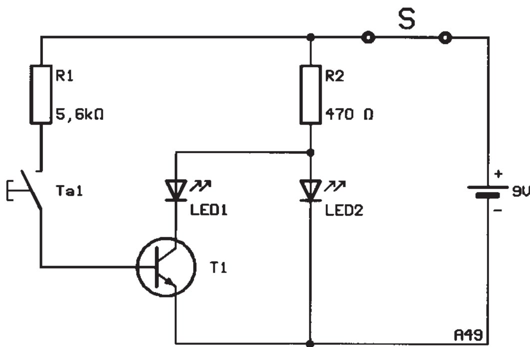

,,Ik weet nog een leuk spelletje", kondigt Pokus aan. ,,Oh, waarop wachten we dan nog?" spoort de nieuwsgierige robot aan.

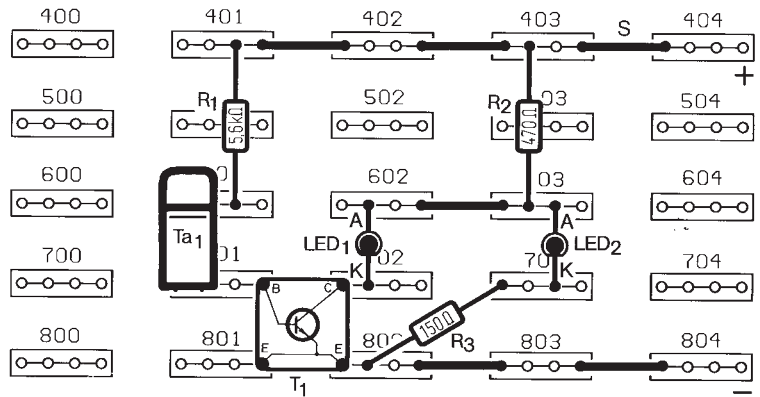
**124** Pokus zet ook deze schakeling in elkaar. Die ziet er net zo uit als de tekening hier boven. Na het plaatsen van de schakelbrug S begint de groene diode te branden, terwijl de rode uit blijft. Zodra Robert de toets indrukt, gaat de groene diode uit, en de rode LED begint te branden. ,,Dat kan ik zelf wel verklaren", zegt Robert: ,,als Ta1 open is, vloeit de stroom alleen door de groene LED, zodat ze begint te branden. Sluit ik Ta1, dan gaat de stroom - 'om de groene LED heen' - door de toets en de rode LED, die daardoor brandt. Waarom de stroom er de voorkeur aan geeft door de rode in plaats van door de groene LED te vloeien, moet eraan liggen dat de serieschakeling van R1 150 Ω (bruin-groen-bruin) en de groene LED een sterkere 'binnen - weerstand' heeft dan de rode". ,,Dat klopt allemaal", bevestigt Pokus.



## Aan en Uit met behulp van de transistor

,,Natuurlijk is het ook mogelijk", weet de tovenaar, ,,de fonkelende LED's met behulp van een transistor te sturen." Robert vindt: ,,U heeft al die schakelin-



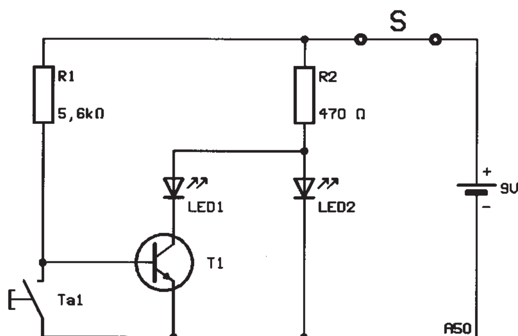



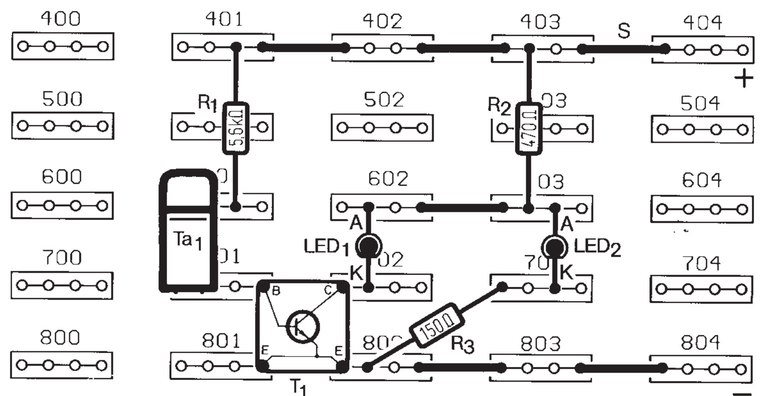

gen telkens zelf in elkaar gezet. Wilt u mij dat nu even laten doen?"

**125** Roberts schakeling ziet er net eender uit als het schema hierboven.

Als de toetsTa1 niet ingedrukt wordt,brandt de groene diode, terwijl de rode helemaal uit is. Zodra Robert met zijn grijpvinger op de toets drukt, springt de rode LED aan, en de groene naakt een pauze. ,,Bij een open schakelaar", vertelt M-3 als toelichting, ,,vloeit er stroom via R2 door de groene LED. Als je op de toets drukt, komt er een basisstroom van T1, de weg van de collector naar de emitter van de transistor wordt geleidend. Daardoor kan de stroom door de rode diode en om de groene heen vloeien." Armstrong is heel tevreden met de verklaring van zijn assistent.

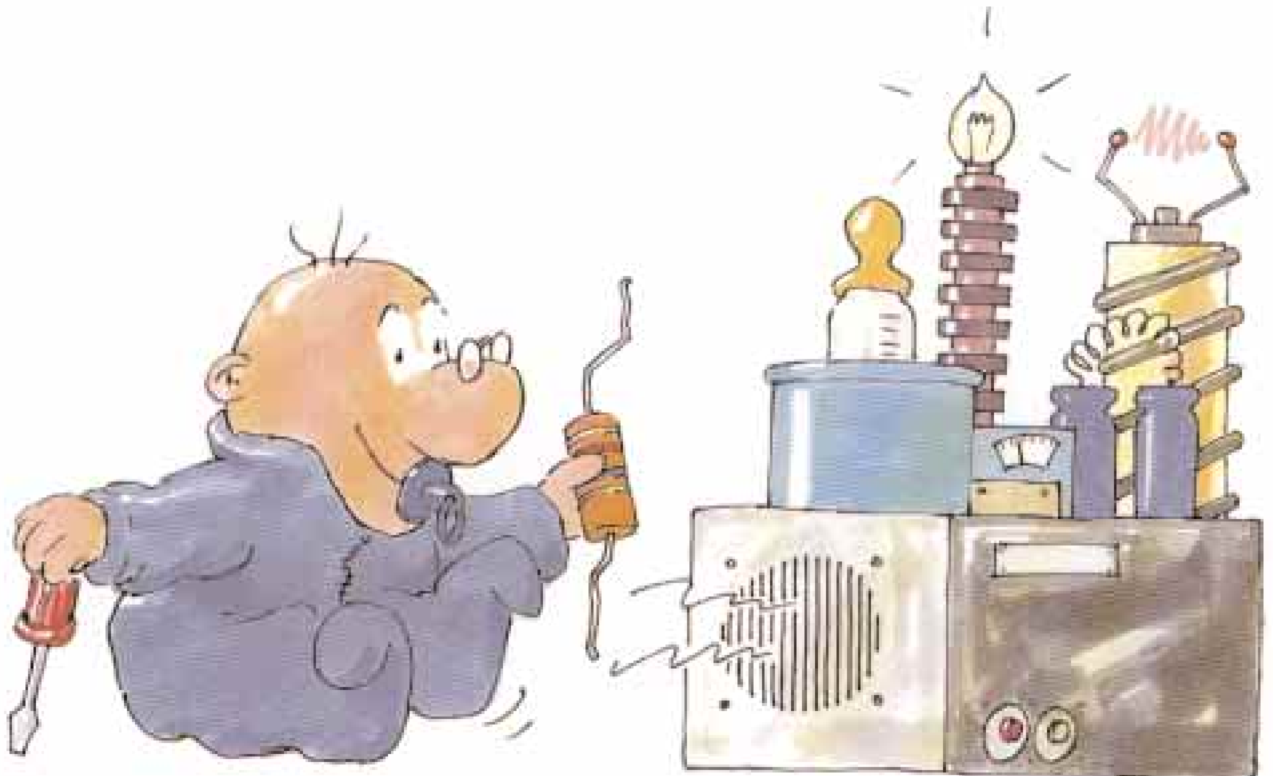
## De transistor kan het ook omgekeerd




**126** De tovenaar doet geheimzinnig als hij vertelt, dat men de transistor ook zo kan plaatsen, dat precies het omgekeerde effect bereikt wordt. Dat bewijst hij met een schakeling, die overeenkomt met het schema hierboven. In de oorspronkelijke toestand, bij open toets, straalt de rode LED, de groene toont geen reactie. ,,En als ik nu", vermoedt Robert, ,,de toets bedien, gaat 'rood' zeker uit, terwijl groen' aanspringt." De proef bevestigt zijn vermoeden. ,,Ook deze schakeling begrijp ik meteen", triomfeert M-3. ,,Als T1 open is, vloeit er een basisstroom naar T1. Deze geleidt en laat stroom door de rode diode vloeien. Is de toets gesloten, dan vloeit de stroom 'om de transistor heen', T1 blokkeert, met het gevolg dat de rode LED niet brandt. De stroom circuleert in een eenvoudige, kleine stroomkring door de groene LED, zodat deze fel brandt."

,,Zijn er op Electronica geen scholen?", vraagt Robert verwonderd. ,,Natuurlijk hebben we hier scholen, universiteiten en zelfs een voltasium", antwoordt Armstrong. ,,Wat voor een ... volta? " stottert M-3. ,,Een voltasium! Een hogeschool, waar robots en mensen leren, met elektronika om te gaan. De meeste opleidingsinstituten bevinden zich in de afdeling 'Mercurius'."
,,Zou u mij wel zo'n voltasium eens van binnen kunnen laten zien?" stelt Robert voor. Zo gezegd, zo gedaan.
In de collegezaal van het voltasium zitten jonge mensen en robots door elkaar. Op een reusachtig schoolbord staan formules, schetsen en schema's. De professor Cor Golf verklaart zo juist een schakeling voor alarminstallaties. Robert en de professor gaan stilletjes in de laatste bankrij zitten. Na een paar minuten begint de buurman van Robert vriendelijk te zoemen: ,,Hallo, wie ben jij, ik ken je helemaal niet, behoor je niet ook bij M-3? Ik ben van dezelfde bouwserie afkomstig en ik heet Simon. Ik word hier opgeleid tot vakrobot voor elektronika." Fluisterend komen de beide broers met elkaar in gesprek.
Intussen heeft Armstrong een paar onderdelen uit zijn koffer gehaald, waarmee hij, geheel verdiept, de schakeling voor een alarminstallatie in elkaar zet. ,,Hallo, beste collega, bent u het met mijn schakelingen niet eens?" vraagt Cor Golf hem, als hij de professor ontdekt, die daar zo stilletjes zijn eigen schakeling zit te bouwen. Armstrong, die een vuurrood hoofd krijgt, probeert de schakeling vlug te laten verdwijnen.
,,Nee zeg, goeie vriend, dat ziet er toch om te beginnen niet kwaad uit. Je zou weliswaar het een en ander wat kunnen verbeteren en de onderdelen wat voordeliger kunnen plaatsen. Maar u bent immers hier, om dat te leren." Robert zit te grinniken, en laat dat horen door een zacht sissen. Cor Golf begint de zaak wat eigenaardig te vinden: ,,ik heb u hier eigenlijk nog nooit gezien. Zeker vaak gespijbeld, waarschijnlijk in het recreatiepark 'Saturnus' rondgezworven. Bent u wel ooit in mijn colleges geweest? Hoe heet u eigenlijk? vraagt Golf streng. ,,Armstrong is mijn naam, Sirius", stelt de onechte scholier zich voor. ,,U bent toch niet, maar dat is toch niet mogelijk, Sirius Armstrong, die ...", nu is het Cor Golfs beurt, rood te worden. De studenten om hen heen beginnen te lachen en te piepen van plezier en ook de beide professoren schieten in een lach. Niet te geloven, de goede professor Golf wilde de zeer gewaardeerde professor Armstrong uitleggen, hoe men een schakeling voor een alarminstallatie in elkaar zet! Robert sist natuurlijk het hardst. Ja kijk maar, ook professoren kunnen zich vergissen.
,,Beste collega, mag ik een voorstel doen? Als wij nu al de eer hebben, u in ons midden te mogen begroeten,dan bent u toch zeker wel bereid, mij bij mijn collega wat behulpzaam te zijn" lacht Golf vragend. De studenten applaudisseren, want de chance, twee top - experts te horen, doet zich niet vaak voor - en dat dan nog op een dag, als er bijzonder spannende en nuttige experimenten op het programma staan.



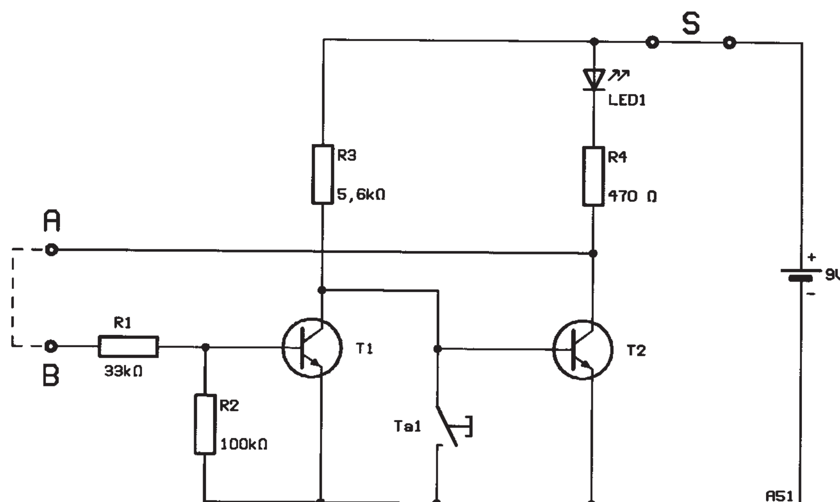
Daar staan ze dan, de beide professoren. De studenten en de robots vinden het heel spannend. Golf zet zijn lezing voort: ,,waar zijn we gebleven? Ach ja, we werden onderbroken bij de verklaring van de alarminstallatie. Als u even naar het bord wilt kijken", zegt hij en wijst op een schema op het bord.

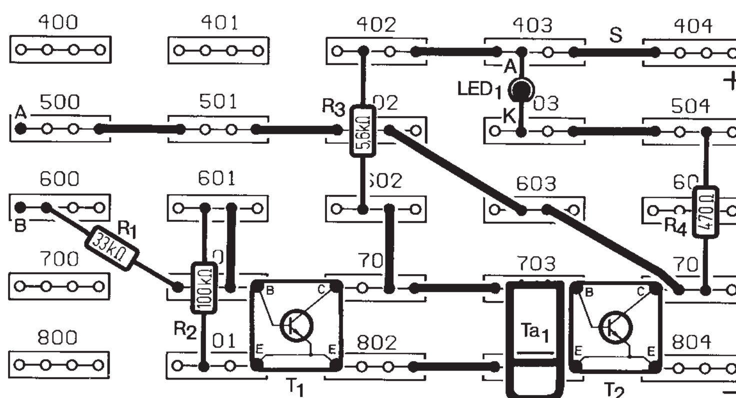
**127** Schakelschets en - schema komen overeen met de tekening hiernaast. ,,Als wij een bijzonder belangrijke ruimte, bijvoorbeeld een opslagruimte voor zuurstof, met deze installatie willen beveiligen, gaan we als volgt te werk", verduidelijkt Golf de functie: ,,wij nemen de einden van de op A en B aangesloten leidingen en bevestigen ze met twee blanke punaises. Tussen de punaises klemmen we een stukje aluminiumfolie."

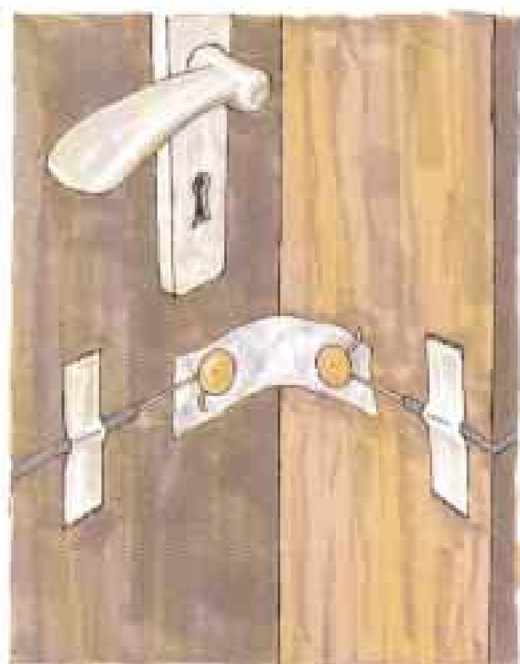
,,En hoe komen we aan zulk een stukje metalen folie?" vraagt Simon het woord. ,,Je vraagt gewoon een mens, die net een reepje chocolade in zijn vingers heeft. Hij is zeker graag bereid, je een stukje van de verpakkingsfolie te geven," raadt hem Armstrong.

,,Als we de batterij aansluiten, begint de LED te branden. Zodra we de toets Ta indrukken, gaat de LED uit", verklaart Golf, ,,nu wachten we, tot er iets gebeurt, om te zien of de installatie functioneert. "

**128** Armstrong verscheurt de folie, waar door het alarmcontact verbroken wordt. Nu begint werkelijk de rode diode - het alarmsignaal - te branden.



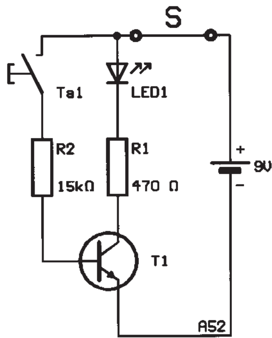



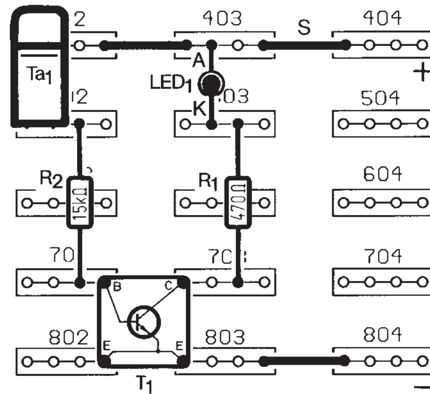
,,Indien we deze alarminstallatie nu ter beveiliging van een deur willen gebruiken", verklaart Golf, ,,dan moeten we de eerste punaise met de aansluitingsdraad van A en de ene kant van de aluminiumfolie bijvoorbeeld aan het deurkozijn bevestigen; de tweede punaise met de draad van B en de andere kant van de contactfolie maken we aan de gesloten deur vast."

Het schiet er bij Robert uit: ,,en zodra een indringer de deur opent, verscheurt hij zonder opzet die aluminiumfolie, waardoor de alarminstallatie in werking gezet wordt." Op verzoek van Golf, is Armstrong graag bereid, de elektronische verklaring daarvoor te geven: ,,Als we door de toets in te drukken het toestel 'in actie' gezet hebben, zien we de volgende toestand: T2 blokkeert; via de LED, R4, de aluminiumfolie en R1 vloeit stroom naar de basis van T1. Deze wordt geleidend en dwingt T2 met de blokkade door te gaan. Wordt door een indringer het contact tussen A en B verbroken, wordt T1 niet meer van basisstroom voorzien: hij blokkeert. Nu krijgt T2 via R3 wat stroom naar de basis en wordt geleidend. En heel logisch, de LED begint te branden. Zelfs als men nu het contact A-B weer zou herstellen, zou de LED toch blijven branden."

,,Dat betekent dus, dat wanneer de inbreker meteen zou proberen het contact te herstellen, zou dat niet lukken. De alarmdiode blijft in ieder geval branden", voegt Golf er nog aan toe.

## Met transistor: JA

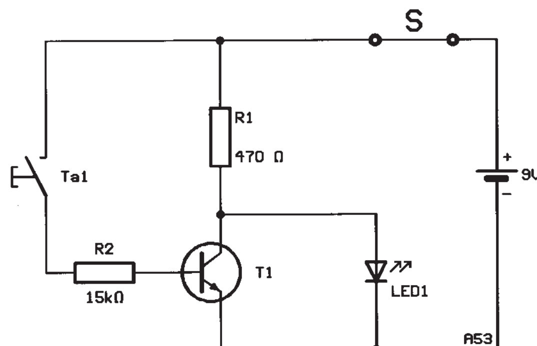


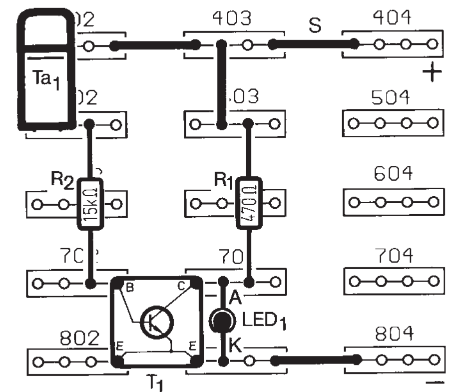




Gedurende de pauze hebben Robert en Simon elkaar veel te vertellen. Tenslotte gaan ze weer terug naar de collegezaal.
Golf begint met een ander thema van de cursus: ,,nu gaan we ons bezig houden met de logica, waarmee de computers 'denken'."
,,Oh, lieve help, ik begin me al te vervelen, als ik dat voor de zoveelste keer te horen krijg" bromt Robert tegen zijn buurman.

**129** Golf tovert een schema op het bord, dat precies eender is als de tekening hiernaast ,,Dat is een JA - schakeling", verklaart hij. ,,Maar die ziet er heel anders uit, dan die JA - schakeling die ik ken", zegt Robert onwillekeurig hardop. Armstrong heeft het gehoord: ,,ja, dat klopt, we zetten nu de zes computerlogica - schakelingen met behulp van transistoren in elkaar." ,,Het principe blijft wel hetzelfde", vult Golf aan: ,,als de toets ingedrukt is, brandt de LED; is ze niet ingedrukt, brandt de LED niet.

## Steeds weer de reactie met NIET




*Roberts notitieblok*

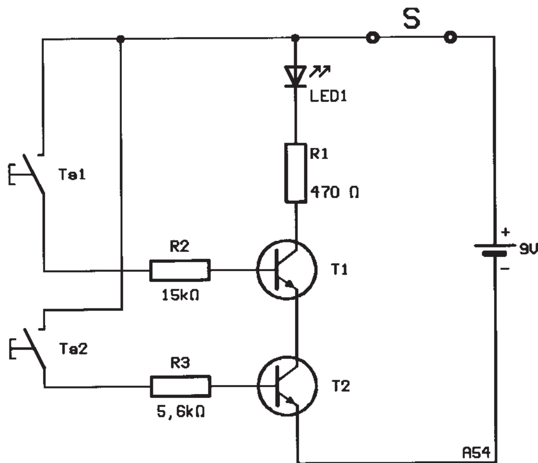
*De principes, algemene formules en voorbeelden betreffende de computerlogica worden behandeld op de pagina's 33 en 35 van dit boek.*

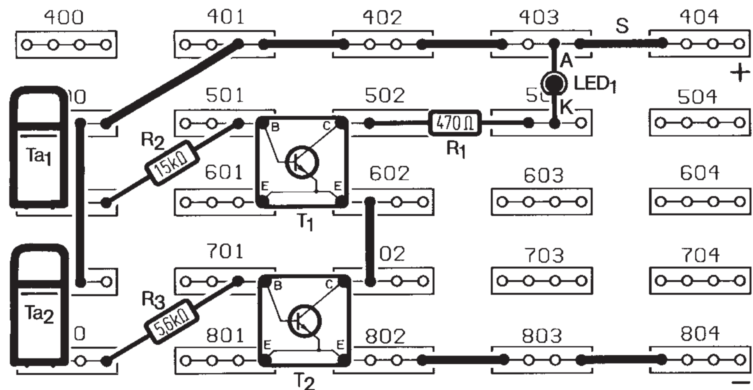
,,Als er een JA - schakeling is, dan is er zeker ook een NIET - schakeling", vermoedt de knappe robot Simon.

**130** Hij heeft gelijk, Golf zet de NIET - schakeling zo in elkaar als het in de tekening getoond is. ,,De NIET - schakeling, het tegendeel van de JA - schakeling, functioneert als volgt", licht Armstrong toe: ,,Als de toets ingedrukt is, brandt de LED niet; wordt die toets niet ingedrukt, dan brandt de LED."
,,De algemene formules van deze effecten hoeven we wel niet meer te repeteren", vindt Robert ongeduldig. ,,We hebben er ons immers al lang en breed mee bezig gehouden."



## De diode brandt met de ene EN de andere toets

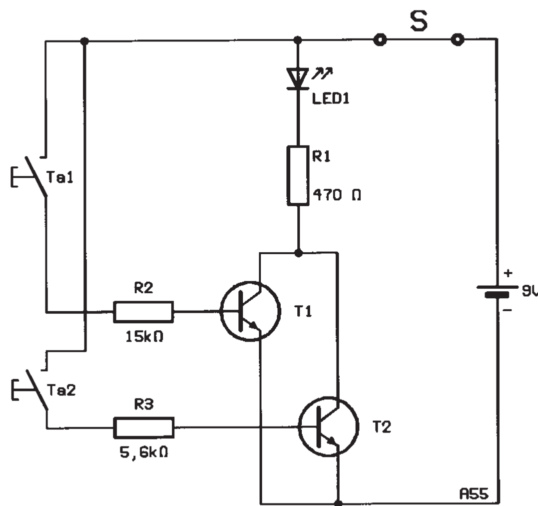


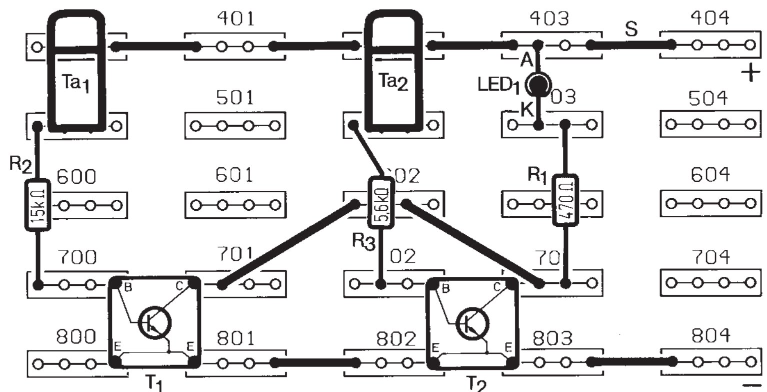



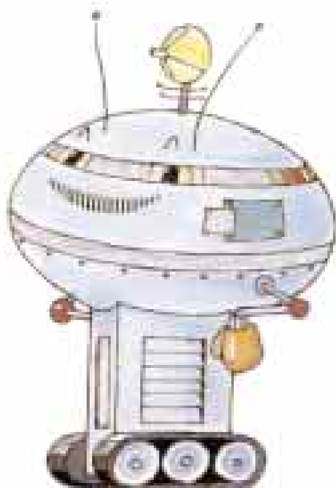

,,Dames en heren, beste robots! Ook de volgende schakeling is makkelijk te verklaren", belooft Golf.

**131** Hij zet de EN - schakeling in elkaar, zoals de afbeelding aan de llnkerkant dat aantoont. Alleen als de beide toetsen, dus de schakeling is makkelijk te verklaren", belooft T a 1 en Ta2 worden ingedrukt, brandt de LED. In alle andere gevallen vertikt ze het te branden.

## Kunnen we verder gaan, OF hoe zit dat?



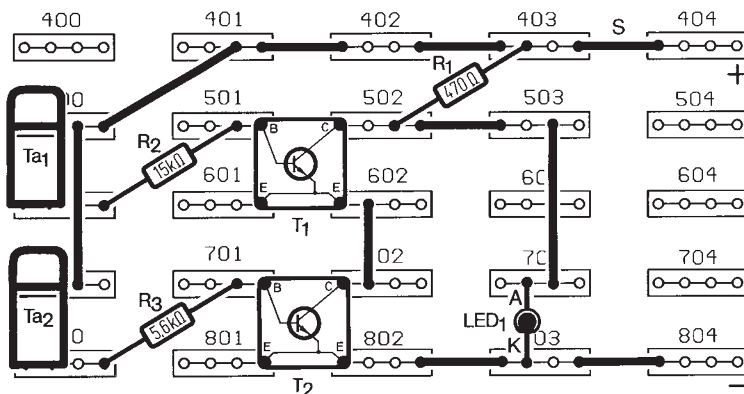



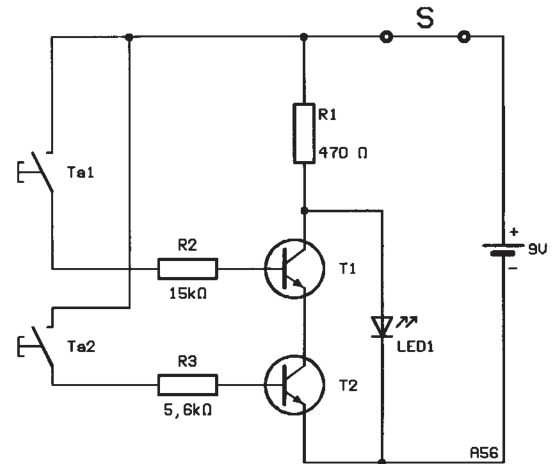



,,Met het volgende schema zetten we nu vlot de OF - schakeling in elkaar", dirigeert Golf zijn studenten door het overvolle programma.

**132** Alle details van de OF - schakeling komen overeen met de afbeelding op de linker kant. De toelichting van Armstrong over de functie van deze schakeling: ,,als je toets Ta1 of toets Ta2 indrukt of beide toetsen bedient, brandt de LED", vult Simon, die het een en ander met het apparaat geprobeerd heeft, aan: ,,alleen als er geen toets ingedrukt wordt, blijft de diode donker."

## Precies zo, EN NIET anders

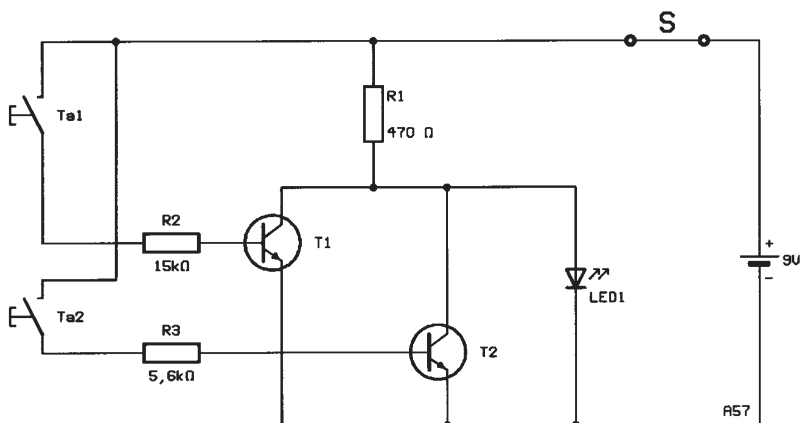



,,Ik heb zo de indruk", zegt Simon, ,,dat we met JA, NIET, EN en OF alle mogelijkheden doorgenomen hebben." ,,Beste Simon, dat heb je mis!" zet Golf recht.

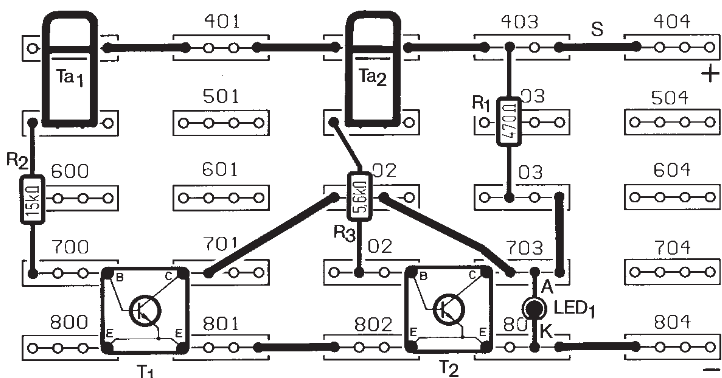
**133** ,,Nu volgt de EN/NIET - schakeling". Het schema staat hierboven. Als men Ta1 en Ta2 indrukt, dan brandt de LED niet. In alle andere gevallen kun je echter haar vriendelijk licht bewonderen. ,,Ja, natuurlijk", schiet het Simon te binnen. De schellen vallen hem als 't ware van zijn optosensoren: ,,dit contrastprogramma van de EN - schakeling had ik vergeten."

## Is dat nu alles, OF NIET



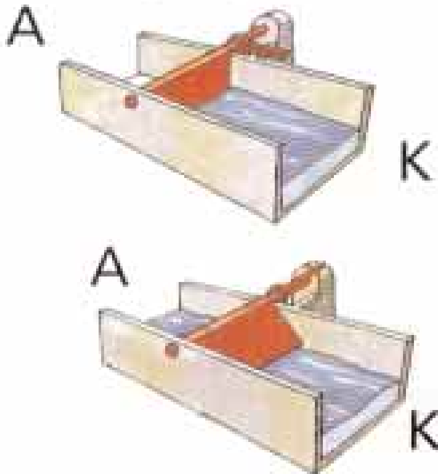

,,En zulk een contrastprogramma bestaat er natuurlijk ook nog van de OF - schakeling", mengt Robert zich in het gesprek. ,,En dat is dan de OF/NIET - schakeling."

**134** Robert zet heel vlot de zesde en laatste schakeling voor de computerlogica volgens de afbeelding aan de linker kant in elkaar. Na een kleine algemene test deelt Simon trots het resultaat mee: ,,Bedien ik Ta1 of Ta2 of zelfs beide toetsen, dan brandt de LED niet." ,,Ik geloof dat mijn opslagplaats nu vol is", klaagt Robert, ,,dat was een hele kluif, die elektronika!" Simon is ook voor een pauze. ,,O.K.", vindt professor Golf, ,,met deze zes schakelingen hebben we nu in ieder geval het principe van de computerelektronika leren kennen, en dat is al wat."

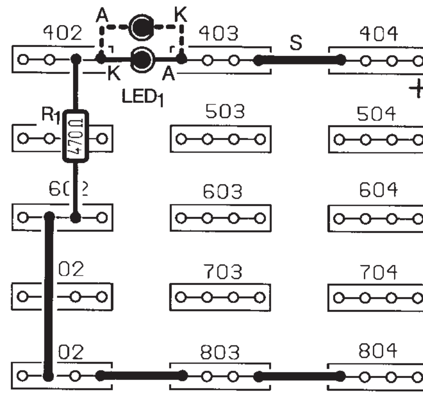


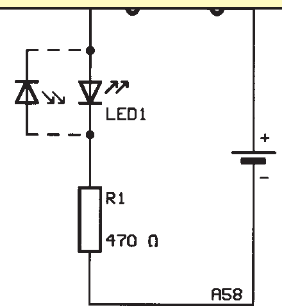
## Eenrichtingsverkeer voor elektronen

,,Kom, dan beginnen we met een wat eenvoudiger thema ", stelt Armstrong voor, ,,we gaan een onderdeel bekijken, dat wij voortdurend gebruikt hebben, terwijl we over de functie daarvan eigenlijk nog niet nagedacht hebben: de LED. De functie van de diode is het, de stroom in een richting door te




laten terwijl ze de weg in de andere richting verspert. Intussen heeft Golf twee voorbeelden op het bord getekend: "Je kunt je de diode als deze sluis voorstellen. Zoals op de bovenste tekening duidelijk te zien is, drukt het water dat van K naar A stroomt tegen de sluisdeur, zodat deze gesloten blijft; stroomt het water echter van A naar K dan




duwt het de deur open en kan doorstromen." ,,Maar we hebben tot nu toe toch nooit gemerkt, dat onze LED geblokkeerd was", merkt Robert op. ,,Dat komt, omdat we de diode steeds in de 'geleidende richting' hebben geplaatst", legt Armstrong uit. ,,Zullen we dat met een kleine proef aantonen?"

**135** Hij zet de demonstratieschakeling volgens de afbeelding in elkaar. ,,Dat de diode brandt, is logisch. Ze is immers in geleidende richting geplaatst en laat de stroom door", ziet Simon onmiddellijk.

**136** Hij trekt de diode eruit en plaatst ze nu 'in de verkeerde richting'. Zoals niet anders te verwachten was, gebeurt er niets met de LED, ze brandt niet omdat ze de stroom spert.

*<u>Roberts notitieblok</u>*

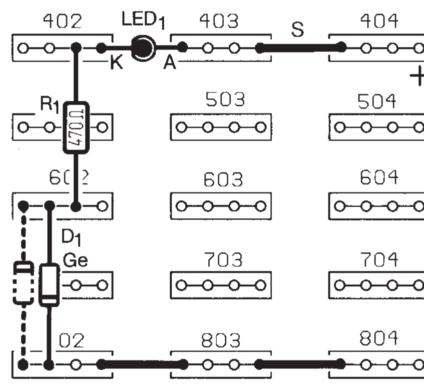
*De LED heeft op het omhulsel aan een kant een afgevlakt stukje. Deze afvlakking komt overeen met de dwarsbalk in het schema-teken. De experts noemen deze kant de kathode en gebruiken daarvoor vaak de afkorting ,,K". Een diode is in sperrichting geschakeld als de kathode op de pluspool van de batterij is aangesloten. Ze is geleidend, als ze naar de minpool ,,kijkt".*

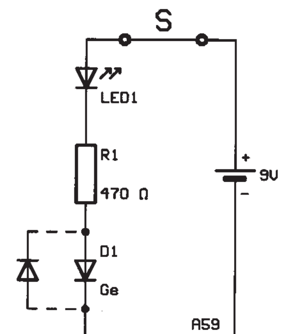
## De germaniumdiode wordt getest

,,Niet alle diodes branden", zegt Golf, ,,dit hier is bijvoorbeeld een germaniumdiode. Ze blokkeert ook de stroom in een richting, maar toont het doorlaten van de stroom in de andere richting niet door licht aan."

**137** Om te testen of de germaniumdiode werkelijk functioneert, zet Golf een schakeling volgens de afbeelding hiernaast in elkaar.
De LED brandt en toont aan dat de germaniumdiode in geleidende richting is geplaatst.

**138** Robert is nog niet tevreden met die proef. Hij trekt de germaniumdiode eruit en zet ze in de ,,verkeerde richting" in de klemveren. Het resultaat is geen verrassing. De germaniumdiode spert de stroom en het ,,indicatie - instrument LED" blijft donker.

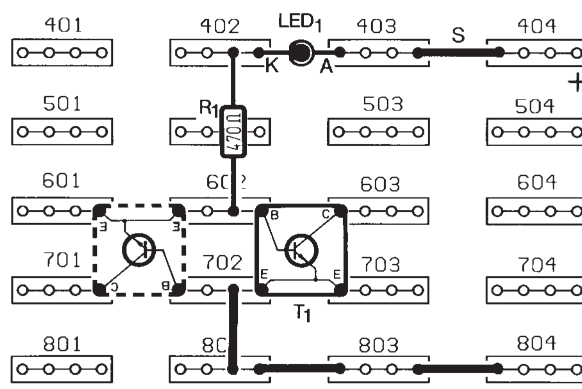



*<u>Roberts notitieblok</u>*

*De germaniumdiode heeft als kenteken voor de kathode - kant een zwarte ring op het glas omhulsel. Dat wil zeggen: ze spert als de zwarte ring in de richting van de pluspool van de batterij" kijkt".*

## Een gedurfde stelling van Armstrong




,,We gaan nu een kijkje nemen in de transistor", stelt Cor Golf voor. Robert rent met een hamer in zijn hand naar voren: ,,Mag ik u helpen?" Ook Simon wil behulpzaam zijn met een kleine zaag. ,,Stop, stop, stop, dat is niet de bedoeling", verspert Armstrong hen de weg, ,,wij beschikken toch met de elektronika over andere mogelijkheden om de functie van een onderdeel te onderzoeken! "

Golf vult aan: ,,wij werken toch net zo als alle andere wetenschappers dat doen: we formuleren een these, dus een stelling die gebaseerd is op ervaring. Door middel van diverse experimenten testen we dan, of die stelling juist is, of zelfs juist zijn kan. Indien de stelling bevestigd wordt, dan kunnen we op deze basis doorgaan met denken en testen. Blijkt het dat de these niet juist is, moeten we nieuwe stellingen ontwikkelen en aan passende tests onderwerpen."

,,Ik beweer nu - en daarvoor heb ik alle redenen - dat in een transistor twee diodes zitten. De ene zit tussen de basis en de emitter - ik noem ze daarom de basis - emitter - diode - en de andere stel ik me voor tussen basis en collector - ik noem ze basis - collector - diode." Armstrongs these veroorzaakt murmelen en sissen bij de toehoorders. ,,Maar dat moet u eerst eens bewijzen", roept Simon.

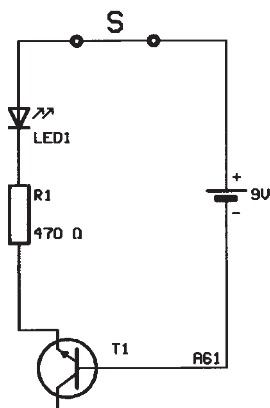
**139** Armstrong zet een kleine proefschakeling in elkaar, zoals in de afbeelding hierboven aan de rechterkant. Hij wijst erop, dat de collector bij wijze van spreken ,,in de lucht hangt".

Armstrong maakt duidelijk: ,,het gaat nu alleen om de weg binnen in de transistor van B naar E, dus van de basis naar de emitter, of met andere woorden: om de basis - emitter - diode."

De studenten staan verbaasd van het resultaat van dit experiment: de diode brandt en toont daarmee aan, dat er stroom is.

Armstrong is heel tevreden: ,,mijn stelling wordt door het resultaat bevestigd. De basis van de transistor wijst naar de pluspool van de batterij. De basis - emitter - diode laat dus stroom door. De LED wordt dus van stroom voorzien en brandt dan ook."

## Op zoek naar de diodes in de transistor



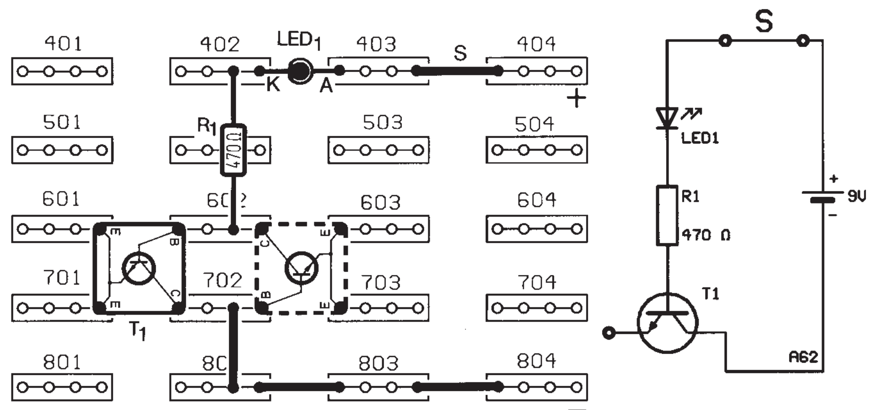

,,Dan willen we nu toch even de door u veronderstelde diode in blokkade - richting in de schakeling plaatsen", vindt Simon.

**140** Armstrong trekt het transistor - moduul eruit en steekt dit op de in de afbeelding gestippelte plaats weer in de schakeling. De basis-emitter - diode staat dus op blokkade. Inderdaad, de LED blijft donker. ,,Ook daarmee wordt mijn stelling bevestigd", triumfeert Armstrong, ,,de basis - kant van de diode "kijkt" naar de minpool van de batterij en spert dus."

## De eerste test van de tweede diode

,,De aanwezigheid van een basis - emitter - diode", vat Golf samen, ,,hebben we met de beide vorige experimenten heel waarschijnlijk gemaakt. Nu komt het erop aan, of ook de aanwezigheid van de tweede diode, de basis - collector - diode bewezen kan worden."

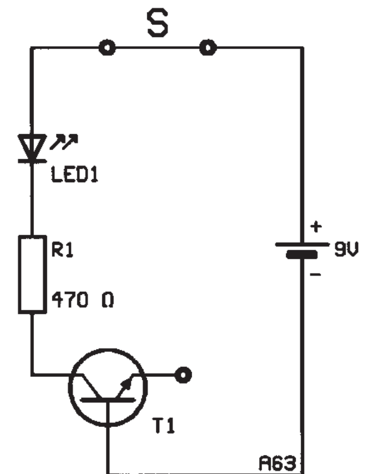
**141** Hij zet een proefschakeling voor de basis - collector - diode volgens de tekening aan de rechterkant in elkaar. De studenten, die al steeds meer vertrouwen in de Armstrong - these stellen, vinden het prachtig, dat de diode brandt. ,,Dat spreekt wel vanzelf", pocht Robert, alsof hij dat al van te voren had geweten, ,,de basis wijst naar de pluspool van de batterij, dus is de basis - collector - diode in geleiderichting geplaatst."




## Omgekeerd gaat het niet

,,Nu hoeven we alleen nog maar te testen, of er tussen B en C ook een sperrichting bestaat", stelt Golf vast.

**142** Simon steekt ijverig zijn grijpvinger op en doet het voorstel, ook nu weer het transistormoduul omgekeerd te plaatsen, zoals dat in de tekening hierboven met de gestippelde lijn getoond wordt. De diode blijft donker en toont aan, dat de basis - collector - diode spert. Geen wonder, want haar basiskant is aangesloten op de minpool van de batterij.

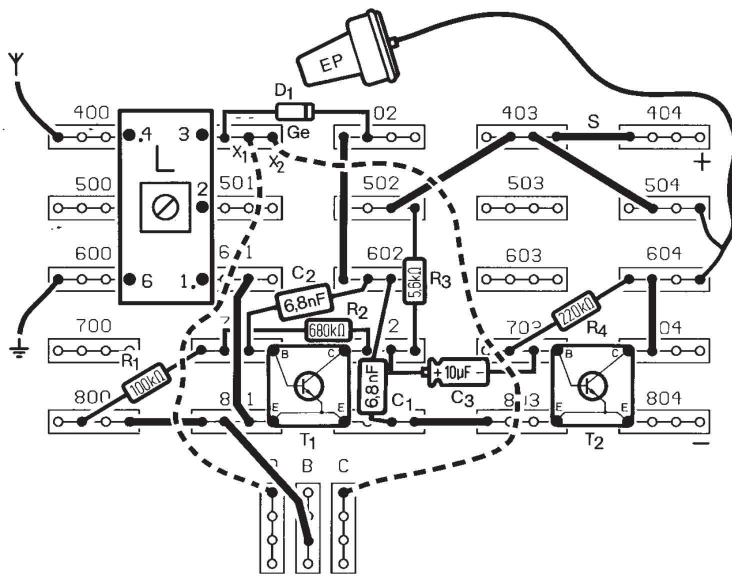






*Roberts notitieblok*

*Daar een transistor inderdaad twee diodes bevat, mag men hem ook zo tekenen, als hiernaast op de linker kant aangetoond is.*






**Roberts notitieblok**

*Met de draai-condensator - kort ,,draaico " genoemd - worden de zenders gekozen. Zoals de naam het al zegt, is de draaico een condensator, waarvan de capaciteit door het draaien van de knop kan worden veranderd . De mechanische functie wordt in de afbeelding hieronder aangetoond. Spannend wordt de draaico in de samenwerking met de spoel van de middengolf. Met deze vormt hij een trillingskring. Trillingskringen hebben het vermogen uit de vele golven, die via de antenne worden opgevangen, al naar instelling van de draaico een bepaalde zender te kiezen. En dat is goed zo, want anders zou men immers de radioprogramma's van alle zenders tegelijk horen.*

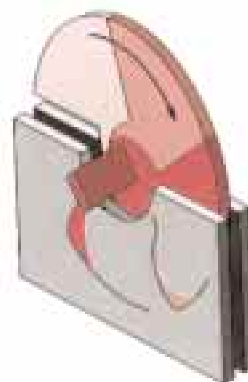
Voor het absolute hoogtepunt van de studiedag kondigt Cor Golf aan: ,,Miep Frekwent, de leid ster van onze afdeling 'Neptunus' zal een college houden en een apparaat voorstellen, waarvan u zeker verbaasd zult staan." ,,Mevrouw Frekwent", fluistert Robert, die naast Simon zit, ,,is een leuk type. Een paar uur geleden hebben we ze bezocht en interessante schakelingen leren kennen." Op dit ogenblik komt Miep Frekwent de zaal binnen. ,,Nou, dan beginnen we maar. Ik ga u tonen, hoe men met een paar onderdelen een radio - ontvangtoestel kan bouwen." Het is heel stil in de zaal. Vol spanning zitten de toehoorders in de banken te luisteren.

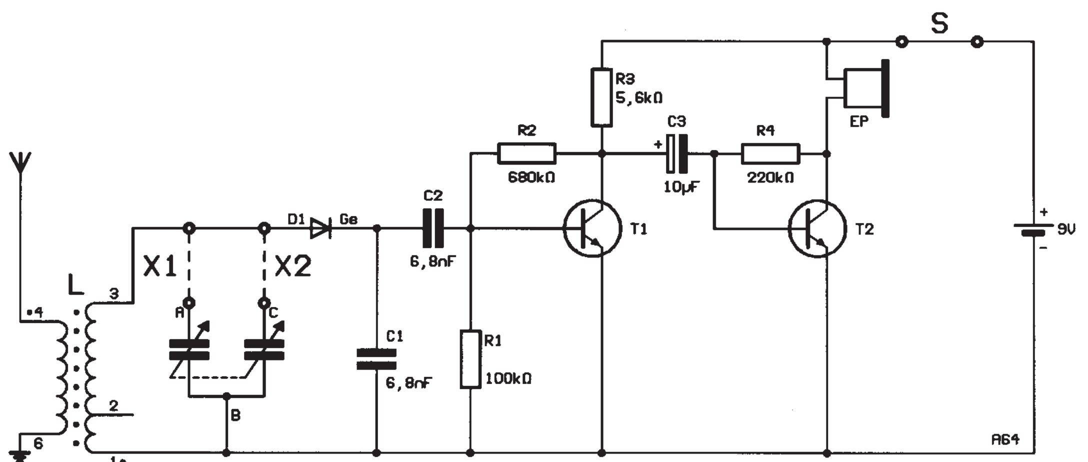
**143** Vlot en uit het hoofd tekent Miep het schema op het bord en zet de schakeling in elkaar. De gestippelde draadbruggen X1 en X2 plaatst ze meteen in de schakeling. Op het punt ,,antenne" van de spoel sluit ze een ongeveer 6 meter lange draad aan. Het losse einde van de draad stopt ze in Armstrongs hand: ,,Wilt u dit even vasthouden?" De draad van het punt ,,aarde" van de spoel bevestigt ze aan de blanke metaaldelen van een waterkraan. Heel vaag is een radiozender door de oortelefoon te horen.

**144** Zoals op de afbeelding te zien is, bedient mevrouw frekwent de knop van de draaicondensator. Zo zorgt zij ervoor, dat een zender helder en duidelijk te horen is.

**145** ,,Maar we kunnen ook nog andere uitzendingen ontvangen!" verklaart zij en trekt X2 uit de schakeling. Ook nu bedient ze weer de draaico voor de juiste instelling. En al spoedig heeft ze een tweede zender op haar fascinerend radiotoestel gevonden.

**146** Ze steekt nu X2 weer in de schakeling maar verwijdert X1. Voorts doet ze weer hetzelfde als bij de voorafgegane experimenten. Daardoor bereikt ze, dat er weer een ander radioprogramma via de oortelefoon te horen is.

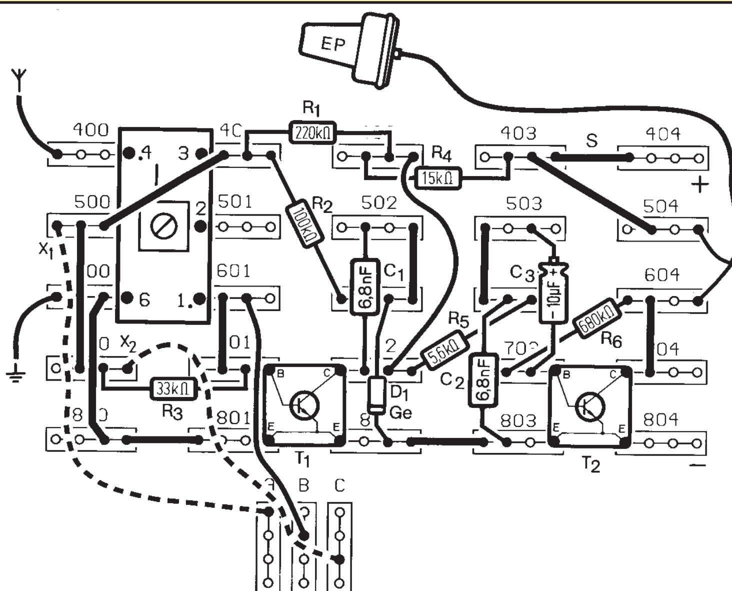




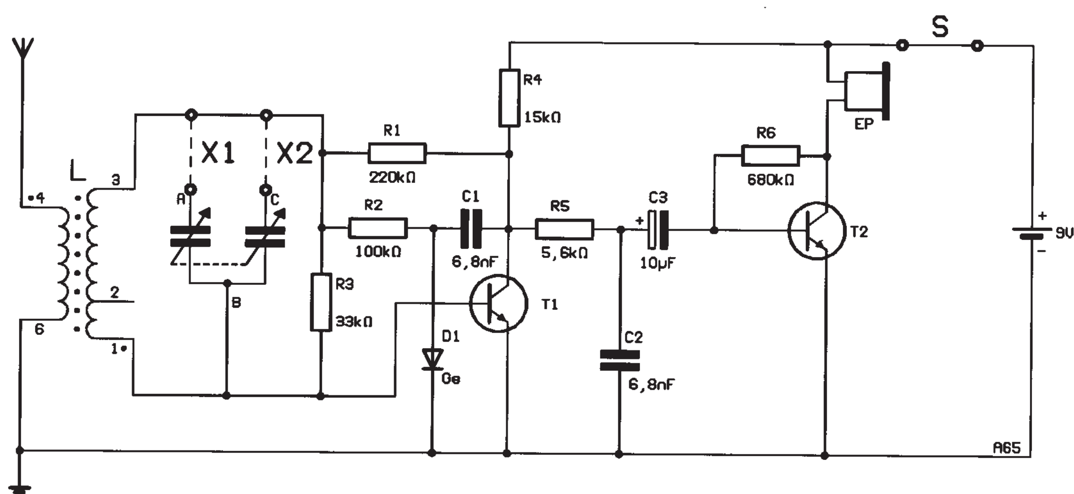
De studenten zijn enthousiast over de radioschakeling. Met hun experimenteerdozen bouwen ze de radio na, en al spoedig is er een wirwar van uitzendingen te horen. Ook Robert en Simon zitten voor hun schakelingen en zoeken door het draaien van de spoel in de ether naar radiouitzendingen. De beide professoren voeren intussen een gesprek met Miep Frekwent en proberen haar over te halen, om een andere, nog spannendere schakeling voor te stellen. Ze tikt op de lessenaar en langzaam aan wordt het weer rustig in de zaal. ,,Dat was nu wel een prachtige schakeling, maar zoals zo vaak, is er toch nog een verbetering mogelijk" neemt zij het woord.

**147** ,,Wij kunnen nog een veel beter ontvangsttoestel bouwen, als we dat volgens de tekening aan de rechterkant doen. Met de andere schakeling hebben we dichtbij gelegen zenders ontvangen, terwijl we met deze schakeling ook uitzendingen van stations, die verder weg liggen, kunnen opvangen."

**148** Het aantal bereikbare uitzendingen kan heel wat vergroot worden, als men voor de schakeling alleen de brug X1 of de brug X2 gebruikt. De instelling van de zender bereikt Miep Frekwent weer door middel van de draaico.




,,Dit apparaat noemt men een reflexontvanger", licht mevrouw Frekwent toe. Door een truc wordt een transistor twee keer als versterker gebruikt. Daardoor worden ook zwakkere signalen hoor baar.






*Roberts notitieblok*

*Robert schrijft alles zorgvuldig op, wat mevrouw Frekwent over de techniek van de radio - ontvangst vertelt. Geluid, dus geluidsgolven, ontstaan doordat de stroom in de oortelefoon snel verandert. Zulk snelle veranderingen noemt men trillingen. Het aantal veranderingen per seconde noemt men "frekwentie". Frekwenties worden uitgedrukt in Hertz (afgekort Hz, genoemd naar de Duitse fysicus Heinrich Hertz, 1857-1894). 1 Hz betekent één verandering per seconde, 1 kHz (kilohertz) toont aan, dat we duizend trillingen per seconde beleven. Voor het menselijke oor zijn trillingen tussen ongeveer 16 Hz en 16 kHz hoorbaar; dit frekwentiegebied noemt men laagfrekwent (LF). In een radiozender worden trillingen met heel hoge - frekwenties opgewekt (hoogfrekwent, HF), die via de zendmast als elektromagnetische golf worden uitgezonden . Al naar gelang de frekwentie spreekt men van lange, midden, korte of ultrakorte golven. Met het radiotoestel, dat we zojuist gebouwd hebben, ontvangt men uitzendingen op de middengolf. Wat wij kunnen horen, is echter niet HF, maar LF. Daarom verandert de zender HF in het ritme van LF. Wij ontvangen dus een licht wisselende HF. De trillingskring van de draaico en de spoel pikt uit de vele radiogolven de gewenstegolf op. De germaniumdiode en de condensator C1 zetten de HF-wisselingen om in geluidsfrekwenties. De twee transistoren versterken het geluid, opdat men het programma via de oortelefoon kan horen.*

*Roberts notitieblok*

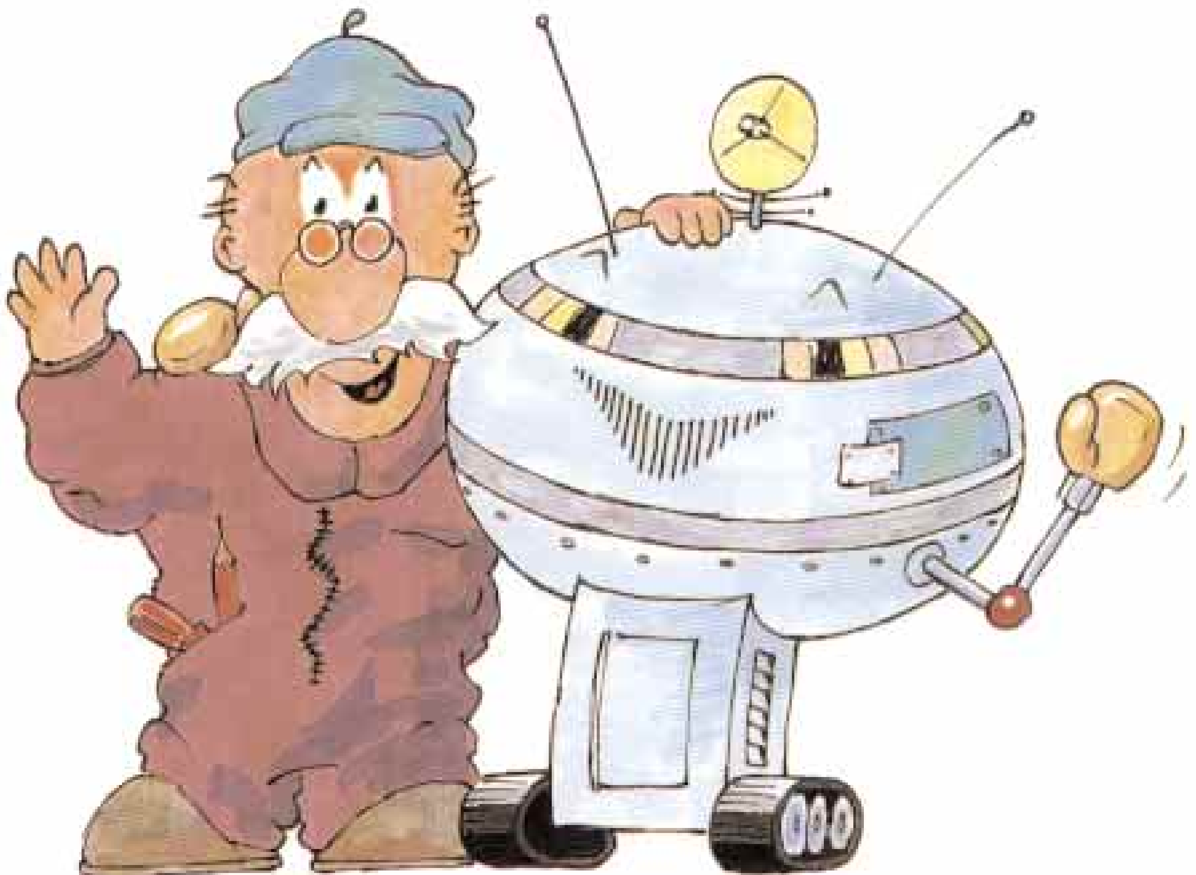
*Overigens: de spoel op het L-moduul heeft een ijzeren kern, die men met een schroevedraaier wat omhoog of omlaag kan schroeven (zie de schets hierboven). Daardoor kan men het ontvangst gebied wat ,,heen- en weerschuiven ".*

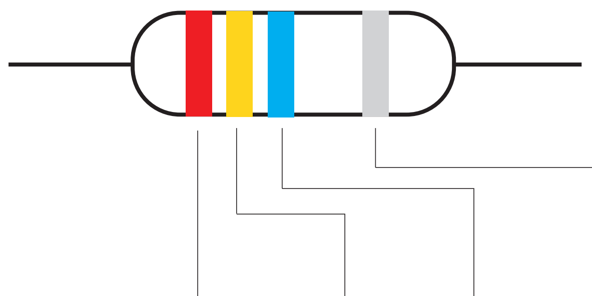
Miep wordt met applaus bedankt en neemt afscheid. Ook Armstrong en Robert gaan weer op weg. ,,Dat was werkelijk een prachtig slot. Wie had dat gedacht, dat ik nog eens op de schoolbank kom te zitten", lacht de professor. ,,Men is tenslotte nooit uitgeleerd", merkt Robert wat wijsneuzig op. In het zenderwirwar van de experimenterende studenten roept hen professor Cor Golf nog toe:,,tot de volgende keer!" En het is weer zo ver, beide zweven weer door de grote transportring van het wereldruimtestation.

,,We zijn nu aan het eind gekomen van onze Tour d'Electronica", zegt Armstrong met vrolijke, maar toch ook wat vermoeide stem, ,,ik geloof dat je vandaag heel veel gezien en geleerd hebt. Ik vind dat dat een hele prestatie voor je eerste stappen was!" Robert zoemt bevestigend. Zijn elektronisch geheugen is vol van de vele nieuwe ervaringen, die hij nog eens moet repeteren, om ze allemaal te kunnen begrijpen. ,,Hartelijk bedankt, professor, voor deze uitvoerige bezichtiging", zegt hij. Armstrong is trots op de kleine robot en strijkt hem vriendelijk over zijn geheugenplaat. ,,'t Is de hoogste tijd dat je benoemd wordt tot elektronika - assistent eerste klasse van de wereldruimte. Je hebt de principes van de elektronika nu door veel proeven leren kennen. En sommige schakelingen overtreffen al de eenvoudige basiskennis." Heel plechtig reikt de professor aan zijn assistent het verdiende diploma uit. Robert is overgelukkig en loopt op zijn rollen nog een ereronde terwijl hij zoemt: ,,dat heb ik klaargespeeld, klaargespeeld, klaargespeeld! "

,,Wel moet je nog heel veel leren, voordat je een prof bent", vindt de professor Roberts overmoed intomend, ,,maar als je zo enthousiast blijft, dan duurt het wel niet zo heel lang." Hij haalt een andere tas tevoorschijn, het is de elektronika - experimenteerdoos X 1500 N, en laat Robert een kijkje nemen naar de tot dusver onbekende onderdelen en eigenaardige schakelingen. ,,Moet ik dat allemaal nog vandaag leren?" vraagt Robert half nieuwsgierig en half vermoeid. ,,We zullen maar niets overhaasten", lacht de professor, ,,morgen komt er weer een dag! En ik mag wel verklappen, dat dat met de nieuwe doos weer een spannende dag op Electronica wordt. Want natuurlijk gaan we al deze schakelingen met hun praktische toepassing leren kennen."

Roberts antennen beginnen een ogenblikje opgewonden te draaien. Hij had wel graag meteen willen beginnen, maar zijn systeem schakelt automatisch op rust. Robots hebben wel geen slaap nodig, maar de nieuwe M-3's moeten toch wel een rustpauze hebben om de stof, die ze opgenomen hebben, te sorteren en op te slaan. En dat zal wel een ieder begrijpen.





| Kleur | | 1e ring (1e cijfer) | 2e ring (2e cijfer) | 3e ring (aantal nullen) | 4e ring (tolerantie) |
|---|---|---|---|---|---|
| zwart | | 0 | 0 | - | |
| bruin | | 1 | 1 | 0 | ± 1% |
| rood | | 2 | 2 | 00 | ± 2% |
| oranje | | 3 | 3 | 000 | |
| geel | | 4 | 4 | 0 000 | |
| groen | | 5 | 5 | 00 000 | |
| blauw | | 6 | 6 | 000 000 | |
| violet | | 7 | 7 | | |
| grijs | | 8 | 8 | | |
| wit | | 9 | 9 | | |
| goud | | | | x 0,1 | ± 5% |
| zilver | | | | x 0,01 | ± 10% |
| zonder ring | | | | | ± 20% |